



Roy Snellman

## **Vesivoima ja ilmastonmuutos – Vesivoiman tuotannon toimintaympäristön muutokset Pohjois- ja Etelä-Savossa**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi  
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 20.12.2016

Valvoja: Prof. Harri Koivusalo

Ohjaaja: Timo Räsänen, Juha Räsänen, Mimma Jäntti

---

**Tekijä** Roy Snellman

---

**Työn nimi** Vesivoima ja ilmastonmuutos – Vesivoiman tuotannon toimintaympäristön muutokset Pohjois- ja Etelä-Savossa

---

**Koulutusohjelma** Yhdyskunta- ja ympäristötekniikka

---

**Pää-/sivuaine** Vesi- ja ympäristötekniikka

**Koodi** R3005

---

**Työn valvoja** Prof. Harri Koivusalo

---

**Työn ohjaaja(t)** Tkt. Timo Räsänen, DI Juha Räsänen, FM Mimma Jäntti

---

**Päivämäärä** 20.12.2016

**Sivumäärä** 47 + 1

**Kieli** suomi

---

## Tiivistelmä

Ilmastonmuutoksen aiheuttaman syys- ja talvivirtaamien kasvun sekä keväälle ajoittuvan virtaamahuipun aikaistumisen ja pienentymisen odotetaan aiheuttavan haasteita järvien säännöstelylle. Nykyiset säännöstelyluvut perustuvat lupien myöntämistä edeltäneisiin hydrologisiin olosuhteisiin ja vaativat usein laskemaan vedenkorkeuden keväisin lumien sulamistulvien pienentämiseksi. Jatkossa säännöstely tarkoituksenmukaisesti tämänkaltaisilla luvilla voi tulla ongelmalliseksi.

Säännöstelylupamääräysten tarkistamisen vaikutus vesivoiman tuotantoon on toistaiseksi epäselvä. Tästä syystä voimayhtiöillä on tarve selvittää ilmastonmuutoksen vaikutuksia vesivoiman tuotantoon sekä kartoittaa muiden sidosryhmien vesivoiman tuotantoon seuraavina vuosikymmeninä kohdistuvia odotuksia, jotta tuotantoa voitaisiin sopeuttaa aiheuttamatta merkittäviä haittoja. Tämän työn tavoitteena oli selvittää miten Savon Voiman vesivoiman tuotannon toimintaympäristö muuttuu ilmastonmuutoksen seurauksena.

Työssä tehtiin kirjallisuuskatsaus alueelle laadituista selvityksistä, jotka tarkastelevat ilmastonmuutoksen vaikutusta alueen hydrologiaan ja säännöstelyjen sopeutumistarpeeseen. Työn empiirisen osan aineisto kerättiin haastatteleamalla Savon alueelta seitsemää järvien säännöstelyistä kiinnostuneiden sidosryhmien edustajaa. Haastatteluaineistoa peilattiin tausta-aineistoon sopeutumistarpeen jatko-arvioimiseksi ja vesivoiman tuotantoon kohdistuvien odotusten kartoittamiseksi. Puolistrukturoidut teemahaastattelut toteutettiin kesä-heinäkuussa 2016.

Haastatteluiden tulokset tukevat alueelle tehtyä sopeutumistarpeen arviointia. Alueen järviä voidaan todennäköisesti säännöstellä nykyisten säännöstelyrajojen puitteissa lähitulevaisuudessa aiheuttamatta merkittäviä lisävahinkoja vesiluonnolle tai muille järvien käyttäjille. Haastatteluiden perusteella alueen kalastajien sekä virkistyskäyttäjien odotukset säännöstelylle ovat tiukimmat. Kalastolle aiheutuu toistaiseksi suurimmat vahingot säännöstelystä, mutta ilmastonmuutostarkasteluiden perusteella talven vedenkorkeuden alenemat pienenevät, joka helpottaa tilannetta. Säännöstelylupien muuttamisesta joustavimmiksi ja riippuvaisiksi vesitilanteesta hyödyttäisi voimayhtiöiden lisäksi muita järvien käyttäjiä sekä vesiluontoa. Tässä yhteistyö viranomaisen ja luvanhaltijoiden välillä tulee olemaan tärkeää lupien tarkistamiskäytäntöjen edelleen kehittämiseksi.

---

**Avainsanat** ilmastonmuutos, vesivoima, toimintaympäristö, sidosryhmähaastattelu

---



---

**Author** Roy Snellman

---

**Title of thesis** Hydropower and Climate Change – changes in the operation environment of hydroelectric power generation in Savonia, Finland

---

**Degree programme** Environmental Engineering

---

**Major/minor** Water and Environmental Engineering

**Code** R3005

---

**Thesis supervisor** Prof. Harri Koivusalo

---

**Thesis advisor(s)** Dr. (Tech) Timo Räsänen, MSc Juha Räsänen, MSc Mimma Jäntti

---

**Date** 20.12.2016

**Number of pages** 47 + 1

**Language** finnish

---

### **Abstract**

Climate change will primarily impact hydrology in Finland in two ways. First the autumn and winter discharges will increase and secondly the discharge peak in the spring will be milder and occur earlier. Regulating in a way that is suitable for flood prevention and recreation practises while preventing environmental degradation will be challenging. At present the regulation permits do not take into consideration the current and future hydrological circumstances.

Hydropower companies are increasingly interested in the effects of revising the current permits because the issue will be topical in the near future. It is also important for the regulator to study the expectations towards hydropower production by other stakeholders to develop its practises in a way that minimizes negative impacts also in the future conditions. This study aimed to investigate the changes in the operating environment of hydropower production.

A literature review of climate change reports was conducted. The reports studied the impact of climate change to local hydrology and the need to adapt current regulation practices. The data for the empirical part of the study was collected by interviewing seven stakeholders in Savonia. The interview results were reflected to the climate change reports to further assess the need to adapt regulation to climate change. Stakeholders' expectations towards hydropower production were surveyed. The half-structured thematic interviews were carried out in June-July 2016.

Results from the interviews confirm the results from previous reports. It is possible to regulate the lakes with current regulation permits in the near future without causing additional harm to the environment or other stakeholders. Stakeholders who use the lakes for recreational use or fishing seem to have the most strict expectations towards hydropower production. Current regulation is causing most damage to the fisheries, but climate change seems to have a positive impact by evening out waterlevels during winter. Revising current regulation permits that require a spring draw-down to prevent floods caused by melt water would potentially be beneficial for all stakeholders and the environment. To further develop practices to adjust current regulation permits, co-operation between stakeholders and environmental authority is needed.

---

**Keywords** hydropower, climate change, operating environment, stakeholder interviews

---

## Alkusanat

*Haluan kiittää Savon Voima Oy:tä mahdollisuudesta työskennellä inspiroivan ja mielenkiintoisen aiheen parissa. Erityiskiitokset menevät työtäni ohjanneille Juhalle, Mimmalle sekä Maijalle.*

*Aalto-yliopistosta työtäni on ohjannut Tkt. Timo Räsänen, jonka tuki on auttanut työn eteenpäin viemisessä valtavasti. Haluan kiittää myös työn valvojaa Prof. Harri Koivusaloa, jonka kanssa käydyt keskustelut ovat antaneet paljon näkemystä monella työn osa-alueella.*

*Haluan kiittää myös työhöni osallistuneita haastateltavia sekä Tanja Dubrovinia Suomen ympäristökeskuksesta hänen antamastaan tuesta. Kiitän myös työtäni tukenutta Maa- ja vesitekniikan tuki ry:tä. Suurkiitokset menevät myös minua työn aikana tsempanneille läheisilleni.*

Espoo 20.12.2016

Roy Snellman

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä	
Abstract	
Alkusanat	
Sisällysluettelo .....	2
1 Johdanto .....	3
2 Tausta .....	5
2.1 Muuttuva ilmasto ja hydrologia Suomessa .....	5
2.1.1 Ilmastonmuutos .....	5
2.1.2 Havaitut muutokset .....	5
2.1.3 Ennustetut muutokset lämpötilassa ja sadannassa .....	6
2.1.4 Muutokset vedenkorkeuksissa ja virtaamissa .....	7
2.1.5 Tulvat .....	8
2.2 Sopeutumistarve vesistöjen säännöstelyssä .....	8
2.3 Lainsäädäntö säännöstelyn sopeuttamisessa .....	9
3 Tutkimusalueen ja tausta-aineiston kuvaus .....	11
3.1 Vesivoima Etelä- ja Pohjois-Savossa .....	11
3.1.1 Vesistöt .....	11
3.1.2 Voimalaitokset .....	13
3.2 Vesivoima ja ilmastonmuutos .....	15
3.2.1 Vaikutus vedenkorkeuksiin ja lähtövirtaamiin .....	15
3.2.2 Säännöstelylupien muutostarve 2010 - 2039 .....	19
3.3 Ilmastonmuutoksen vaikutus vesiluontoon ja muihin käyttömuotoihin .....	20
3.3.1 Vesiluonto .....	20
3.3.2 Virkistyskäyttö, eroosio, tulvat .....	21
4 Aineisto ja menetelmät .....	22
4.1 Yleistä .....	22
4.2 Laadullinen tutkimus .....	23
4.3 Teemahaastattelut .....	24
4.3.1 Haastattelukysymysten valinta .....	24
4.3.2 Haastateltavien valinta .....	24
4.3.3 Haastattelujen toteutus .....	25
4.4 Aineiston analyysi .....	25
5 Tulokset .....	27
5.1 Nykysäännöstely .....	27
5.2 Ilmastonmuutoksen vaikutus .....	29
5.3 Säännöstelyn kehittäminen .....	31
5.4 Tiedottaminen ja yhteistyö .....	34
6 Tulosten tarkastelu .....	35
6.1 Ilmastonmuutoksen vaikutus vesivoiman tuotannon toimintaympäristöön .....	35
6.2 Haastatteluiden luotettavuus .....	37
6.3 Epävarmuudet ilmastoennusteissa .....	38
6.4 Parannusehdotukset ja jatkotutkimus .....	38
7 Johtopäätökset .....	40
Liite 1. Haastattelukysymykset	

# 1 Johdanto

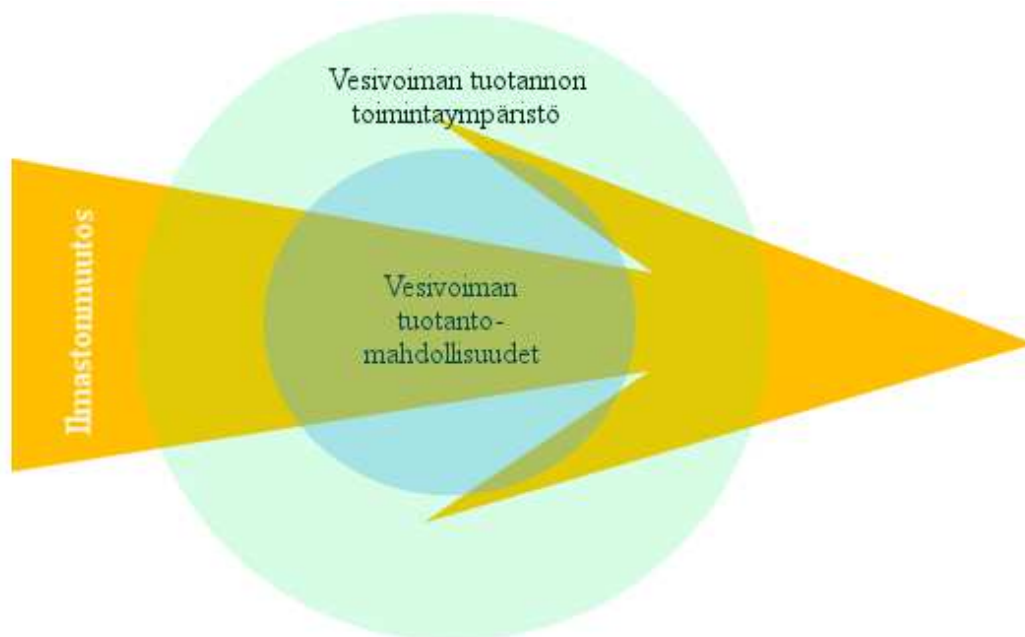
Ilmastonmuutoksen myötä vesivoiman rooli uusiutuvana, lähes hiilineutraalina sekä tuotannon ja kulutuksen välistä tasapainoa tasaavana säätövoimana tulee kasvamaan entisestään (Hamududu & Kilingtveit, 2012). Lämpötilojen ja sadantojen on havaittu kasvaneen Suomessa ja ilmastoskenaarioiden mukaan trendi on kasvava myös tulevaisuudessa. Ilmasto on tiiviisti yhteydessä hydrologiaan useamman hydrologisen kierron komponentin kautta. Suomen kaltaisilla alueilla, jossa lumen kertyminen ja sulaminen ovat hydrologiaa vahvasti määrittäviä tekijöitä, ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan erityisesti vuodenaikaiseen vaihteluun virtaamissa ja vedenkorkeuksissa (Veijalainen, 2012a).

Muutokset hydrologiassa aiheuttavat haasteita vesistöjen säännöstelijöille. Nykyiset säännöstelyluvut perustuvat luvan myöntämistä edeltäneisiin hydrologisiin olosuhteisiin, joten jatkossa säännöstelyjen toteuttaminen tarkoituksenmukaisesti voi tulla ongelmalliseksi. Nykyisillä säännöstelyjen lupaehdoilla voidaan joutua juoksuttamaan vesivoiman tuotannon, vesiluonnon, tulvatorjunnan ja virkistyskäytön kannalta epätarkoituksenmukaisesti.

Suomessa järvien säännöstelyn sopeuttaminen ilmastonmuutokseen on vaiheessa, jossa kartoitetaan tarvetta lähteä tarkistamaan lupamääräyksiä. Sopeutumistarvetta Savon Voiman säännöstelemillä järvillä on arvioitu Nilsin reitin osalta hydrologisilla mallilaskennoilla tehtyjen ilmastonmuutostarkastelujen tulosten perusteella (Jakkila ym., 2014) sekä muiden järvien osalta asiantuntija-arvioihin perustuen valtakunnallisessa ILMAVA -selvityksessä (Dubrovin, 2015). Lupamääräysten tarkistamisesta vesivoiman tuotannolle aiheutuvien vaikutusten ollessa toistaiseksi epävarmoja, on voimayhtiöillä tarvetta lisätutkimukselle tuotannon suunnitteluun ja ohjaukseen liittyvän päätöksenteon tueksi.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on toimia osaltaan päätöksenteon tukena. Tutkimuksessa tehdään kirjallisuuskatsaus tausta-aineistoon (Jakkila ym., 2014; Dubrovin, 2015) sekä haastatellaan alueella toimivia järvien säännöstelyjen sidosryhmiä. Haastatteluaineistoa peilataan tausta-aineistoon sopeutumistarpeen jatko-arvioimiseksi sekä vesivoiman tuotantoon kohdistuvien odotusten kartoittamiseksi. Haastatteluilla pyritään löytämään ilmastonmuutoksen vaikutuksia, jotka aiheuttavat sidosryhmille merkittävimpiä haittoja.

Holistista tarkastelua muutoksista tarvitaan, kun halutaan vastata ilmastonmuutoksen aiheuttamiin moniulotteisiin ongelmiin vesiresurssien hallinnassa (Hänggi & Weingartner, 2012). Tähän on pyritty tämän ja Lönqvistin (2016) tutkimuksen yhteistyöllä. Työt toteutettiin samanaikaisesti ja ne ovat jäsennelty seuraavasti (**Kuva 1**). Tämä työ tarkastelee muutoksia Savon Voiman toimintaan vaikuttavassa ympäristössä. Työssä keskitytään vesivoiman tuotannon kannalta keskeisimpiin tekijöihin, kuten hydrologiaan, lainsäädäntöön, muihin käyttömuotoihin sekä vesiluontoon. Työ toimii kehyksenä Lönqvistin (2016) teknillis-taloudelliselle tarkastelulle, jonka tavoitteena on tunnistaa keinoja, joilla vesivoiman tuotanto voitaisiin sopeuttaa muutoksiin toimintaympäristössä. Töiden tarkoituksena on saada mahdollisimman kokonaisvaltainen kuva ilmastonmuutoksen vaikutuksista (keltainen nuoli kuvassa 1) Savon Voiman vesivoiman tuotantoon.



**Kuva 1** Vesivoiman tuotanto ilmaston muuttuessa. Löngqvistin (2016) (sisempi kehä) sekä tämän työn (ulompi kehä) aiheiden muodostama kokonaisuus.

Työ on jaoteltu seuraavasti. Luvussa 2 tarkastellaan Suomen mittakaavassa ilmastonmuutoksen vaikutusta hydrologiaan, tästä aiheutuvia haasteita järvien säännöstelyssä sekä säännöstelyn sopeuttamista koskevaa lainsäädäntöä. Luvussa 3 perehdytään Savon Voiman säännöstelemiin järviin ja vesivoiman tuotantoon sekä Suomen ympäristökeskuksen alueelle laatimiin ilmastonmuutostarkasteluihin. Luvussa tarkastellaan lisäksi nykyisten säännöstelylupien soveltuvuutta uusiin olosuhteisiin sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksia vesiluontoon ja muihin käyttömuotoihin. Luvussa 4 esitellään tutkimuksen aineisto ja metodologia. Luvussa 5 käydään läpi tutkimuksen tuloksia ja luvussa 6 tarkastellaan haastattelututkimuksen tuloksia yhdessä alueelle tehtyjen ilmastonmuutostarkastelujen kanssa. Näin pyritään kuvaamaan Savon Voiman vesivoiman tuotannon toimintaympäristön muutoksien kokonaisuutta.

## 2 Tausta

Seuraavissa luvuissa käsitellään tutkimukseen liittyvää taustaa. Alaluvussa 2.1 perehdytään ilmastomuutokseen sekä siitä aiheutuviin vaikutuksiin lämpötilassa ja sadannassa. Lisäksi tarkastellaan muutoksia vesivoiman tuotannon kannalta tärkeitä muutoksia vedenkorkeuksissa ja virtaamissa. Luvussa 2.2 tarkastellaan nykyisten vesistösäännöstelyjen tarkoituksen mukaisuutta ja sopeutumistarvetta tulevaisuudessa. Viimeisessä luvussa 2.3 tarkastellaan yhteiskunnallisia ohjauskeinoja, joilla pyritään sopeutumaan ilmaston muutokseen vesistösäännöstelyissä.

### 2.1 *Muuttuva ilmasto ja hydrologia Suomessa*

#### 2.1.1 Ilmastomuutos

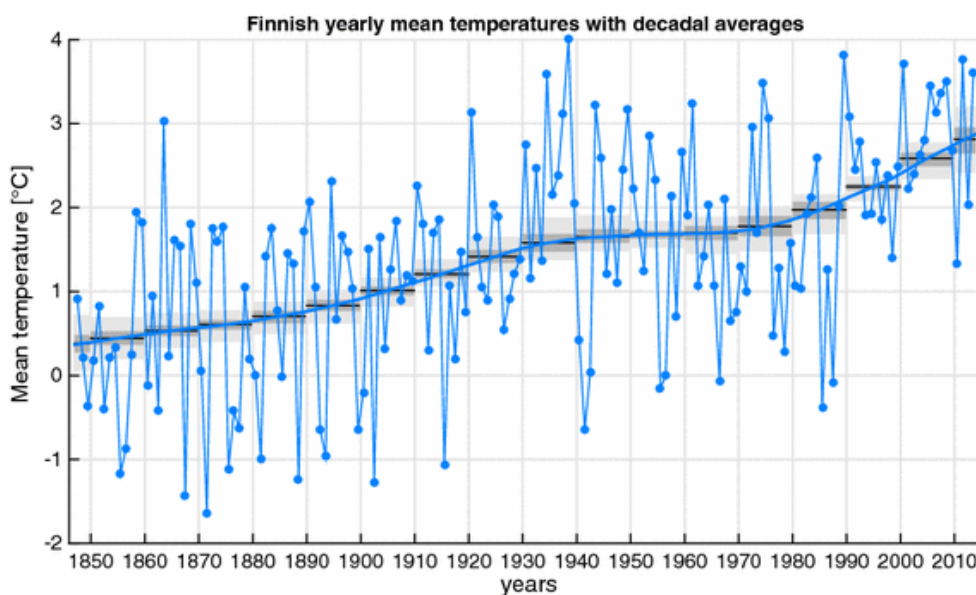
Ilmastomuutoksella tarkoitetaan pitkän ajanjakson aikana säilyvää muutosta ilmastossa, joka voidaan tunnistaa ilmaston ominaisuuksien, kuten lämpötilan, keskiarvon tai vaihtelevuuden muutoksina (IPCC, 2014). Ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuudet ovat nousseet esiteolliselta ajalta lähtien arvosta 280 ppm arvoon 389 ppm vuonna 2010 (NOAA, 2011). Kasvaneista kasvihuonekaasupitoisuuksista johtuen maapallon ilmasto on lämmennyt 1950-luvulta lähtien. IPCC:n (2014) mukaan lähes varmasti voidaan sanoa, että ihmistoiminnan aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat ilmaston lämpenemisen takana. Ilmaston lämpeneminen näkyy jo globaaleissa havaintoaineistoissa, joiden mukaan keskilämpötilat ovat nousseet, arktisen alueen jääpeite on sulamassa ja merivedenkorkeudet ovat nousemassa (Holgate ja Woodworth, 2005). Maapallon keskilämpötilan on katsottu nousseen 0,85 °C vuosivälillä 1880–2012 (IPCC, 2014).

#### 2.1.2 Havaitut muutokset

Ilmaston muuttuminen on havaittu myös Suomen lämpötila-aineistoissa. Jylhän (2004) mukaan Suomen keskilämpötila on kohonnut 1900-luvulta noin 0,7 °C. Keskimääräistä suurempaa lämpeneminen on ollut keväällä maaliskokuun aikana ja vähäisempää syksyllä ja kesällä (Carter, 2007; Tuomenvirta, 2004). Lämpeneminen on ollut erityisen voimakasta 1980-luvulta lähtien, jolloin talvet ovat lämmenneet eniten (**Kuva 2**) (Mikkonen ym., 2014; Tietäväinen ym., 2010).

Sadannan vuosivaihtelun on havaittu lisääntyneen Suomessa (Irannezhad, 2014; Tuomenvirta, 2004). Sadannan määrän kasvavasta trendistä on ristiriitaisia tuloksia Tuomenvirran (2004) ja Irannezhadin (2014) välillä, joista vain jälkimmäisen mukaan trendi on löydettävissä vuosijaksoa 1911–2011 tarkasteltaessa. Irannezhadin (2014) mukaan vuoden keskisadannat ovat lisääntyneet  $0,92 \pm 0,5 \text{ mm a}^{-1}$  ja muutos on ollut voimakkainta talvella. Rankkasateiden suuruuden on havaittu kasvaneen talvella, mutta vastaavaa trendiä ei ole havaittu kesällä (Haylock & Goodess, 2004; Moberg ym., 2006; Kilpeläinen ym., 2008).





**Kuva 2** Vuoden keskilämpötila Suomessa 1850 - 2013. Siniset pisteet kuvaavat kunkin vuoden keskilämpötilaa ja musta viiva lämpötilan keskimääräistä kehittymistä. (Mikkonen ym., 2014.)

Keskimääräisissä virtaamissa tai maksimivedenkorkeuksissa ei ole havaittu lämpötilaa tai sadantaa vastaavaa trendiä, mutta vuodenaikaisvaihtelun on havaittu muuttuneen (Korhonen & Kuusisto 2010; Pekárová ym., 2003). Talven ja kevään keskivirtaamat ovat kasvaneet ja kevään sulamistulvat ovat aikaistuneet (Wilson ym., 2010; Hisdal ym., 2007; Korhonen & Kuusisto 2010).

### 2.1.3 Ennustetut muutokset lämpötilassa ja sadannassa

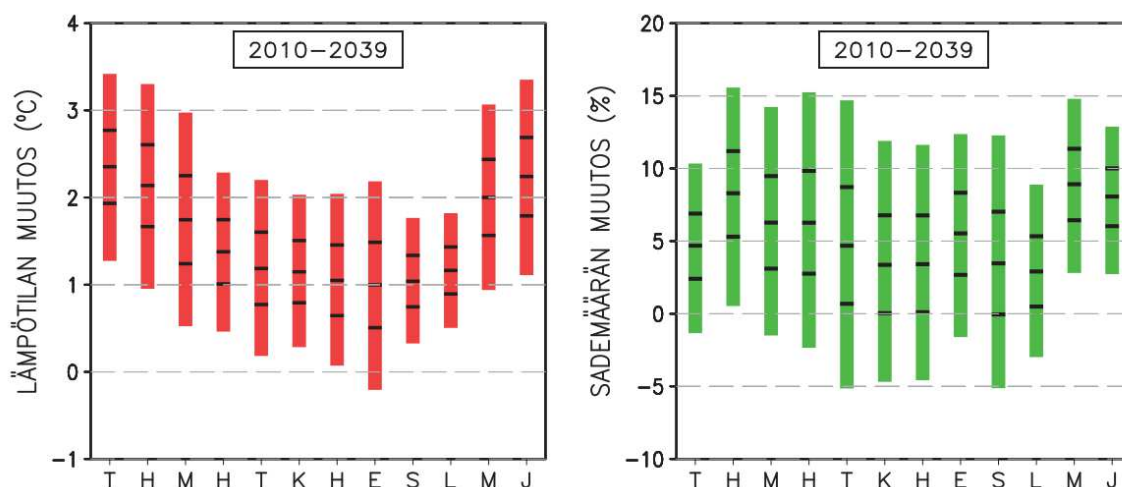
Tulevaisuuden lämpötilat tulevat riippumaan kasvihuonekaasupäästöistä, joiden vaihtoehtoisia kehityskulkuja kuvaillaan päästöskenaarioiden avulla. Skenaarioita käytetään mallinnettaessa tulevaisuuden ilmastoa ja ilmastosysteemin herkkyyttä erilaisille häiriötekijöille, kuten muutoksille ilmaston kaasujen pitoisuuksissa. IPCC (2000) käyttää ilmastomalleissaan 40:tä vaihtoehtoista skenaariota.

SRES päästöskenaarioihin ja 19 globaaliin ilmastomalliin perustuvien ilmastoskenaarioiden mukaan Suomen keskilämpötila jaksolla 2010–2039 tulee olemaan 0,9–2,2 °C korkeampi kuin vertailujaksolla 1971–2000 (**Kuva 3**). Kesällä lämpötilan voidaan odottaa nousevan keskimäärin noin asteen ja talvella jopa runsaat kaksi astetta. Myös helteiden ennustetaan lisääntyvän. Räisänen (2010) arvioi, että vuosisadan lopulla hyvin kuumia päiviä (keskilämpötila yli 24 °C) tulee esiintymään useammin kuin joka toinen vuosi, kun vertailujaksolla 1971–2000 vastaavia lämpötiloja esiintyi vain muutamana kesänä.

Myös sadantojen ennakoita lisääntyvän Suomessa ilmastomuutoksen myötä (Ylhäisi ym., 2010; Ilmatieteenlaitos, 2011b). Sadannat kasvavat talvella keskimäärin 10–40 % ja kesällä 0–20 % (**Kuva 3**). Vuositasolla sadannan kasvu jää pieneksi (2–9 %) (Jylhä ym., 2009). Talvella sadannasta entistä suurempi osa tulee satamaan lumena ja lumen sulamisjaksot tulevat yleisemmiksi. Vuosiin 1971–2000 verrattuna runsaslumiset talvet vähenevät, mutta eivät katoa kokonaan (Räisänen & Eklund, 2011).

Sademäärän lisääntyessä myös sateen rankkuus tulee ilmastosimulaatioiden tulosten perusteella voimistumaan ja yleistymään kaikkina vuodenaikoina (Perrels ym., 2010; Ilmatieteenlaitos, 2011; Christensen, 2007). Rankkasateiden suhteellinen muutos tulee olemaan suurempi kuin keskimääräisten sateiden. Suomen keskimääräisesti rankimpien

vuorokausisateiden arvioidaan kasvavan vertailujaksolta 1961–1990 noin 10–30 % ja kuuden tunnin maksimisateiden noin 20–30 % vuosijaksolle 2071–2100 tultaessa. (Aaltonen ym., 2008; Jylhä ym., 2009.)



**Kuva 3** Lämpötilan (vasemmanpuoleinen kuva) ja sademäärän (oikeanpuoleinen kuva) kuukausittaiset muutokset ja niiden vaihteluvälit jaksolla 2010–2039 vertailujaksoon 1971–2000 verrattuna. Lämpötilan muutoksen yksikkönä on °C ja sademäärän %. Tulokset ovat keskiarvoja 19 globaalin ilmastomallin tuloksista. Pylvään yläraja vastaa todennäköisyys jakauman 5. Ja alaraja 95. prosenttipistettä. Mustat poikkiviivat kuvaavat 25%, 50% sekä 75% prosenttipisteitä. (Jylhä ym., 2009)

#### 2.1.4 Muutokset vedenkorkeuksissa ja virtaamissa

Muutokset lämpötilassa ja sadannassa johtavat lopulta muutoksiin myös virtaamissa ja vedenkorkeuksissa (IPCC, 2014). Muutokset ovat erityisen voimakkaita Suomen kaltaisilla alueilla, joilla lumen kertyminen ja sulaminen ovat tärkeitä hydrologiaa määrittäviä tekijöitä (Kundzewicz ym., 2008; Bates ym., 2008). Näiden muutoksien suuruutta ja suuntaa pyritään laskemaan ilmastomallien tuloksia syötetietoina käytävillä hydrologisilla malleilla. Suomessa ilmastomuutoksen vaikutusta vedenkorkeuksiin ja virtaamiin alettiin tutkia 1980-luvulta lähtien useissa tutkimuksissa (Hyvärinen & Vehviläinen, 1981; Vehviläinen, 1991; Vehviläinen & Huttunen, 1997; Sælthun ym., 1998; Silander ym., 2006; Korhonen, 2007; Veijalainen ym., 2010b & 2010b; Veijalainen, 2012a; Olsson ym., 2015)

Uusimpia SRES -päästöskenaarioita (IPCC, 2000) hyödyntävien tutkimusten mukaan keskimääräinen muutos vuotuisissa virtaamissa tulee jaksolla 2010–2039 olemaan melko pieni, luokkaa 1–3 % (Veijalainen, 2012a). Muutoksien ennustetaan olevan huomattavasti suurempia virtaamien vuodenaikaisvaihtelussa. Suhteellisesti suurin muutos vuosijaksolla 2010–2039 nähdään ennusteiden mukaan talvella, jolloin virtaamat voisivat kasvaa Järvi-Suomessa keskimäärin jopa kaksinkertaisiksi (Silander ym., 2012). Myös kevään virtaamien ennustetaan kasvavan, kun lumi sulaa lämpötilan kohoamisen vuoksi aikaisemmin. Lumen sulaessa aikaisemmin kevään virtaamahuiput kuitenkin pienenevät ja aikaistuvat. Veijalainen (2012) arvioi kevään keskivirtaaman kasvavan noin 17 %. Kesällä virtaamien ja järvien vedenkorkeuksien ennustetaan laskevan kevään virtaamahuipun pienenemisestä ja aikaistumisesta sekä haihdunnan lisääntymisestä johtuen. Keski-Suomen kaltaisilla järvisillä alueilla syksyn virtaamat kasvavat lisääntyneestä sadannasta johtuen muuhun maahan verrattuna vähän tai jopa pienenevät (Olsson ym., 2015). Syysvirtaamien pienenemisen syyksi Veijalainen (2012) esittää järvihaihdunnan lisääntymistä sekä sitä, että kesävirtaamien pienenemisen vaikutus kestää pidempään järvisillä alueilla pidempien viipymien vuoksi.

### 2.1.5 Tulvat

Lumen sulamisesta johtuvien kevättulvien ennustetaan pienenevän lämpötilan kohoamisen ja siitä johtuvan lumimäärän vähenemisen seurauksena (Ruosteenoja ja Jylhä, 2007). Tulvien ajoittuminen tulee entistä enemmän siirtymään keväältä syksyyn ja talveen etenkin Keski-Suomessa. Tulvat voivat lisääntyä runsasjärvisien alueiden keskisillä suurilla järvillä, jossa perinteisesti tulvat ovat lumen sulamisvesien tai pitkittyneiden rankkasateiden aiheuttamia. Tätä voidaan selittää lisääntyneiden sadantojen, lauhempien ja runsassateisempien talvien ja yhä useammin tapahtuvan lumen sulamisten kautta. Vuositasolla tulvien ennustetaan vähenevän tai pysyvän samana Keski-Suomessa. (Veijalainen, 2012a.) Sonkajärvellä, jota Veijalainen (2012) käyttää esimerkkinä Keski-Suomen hydrologisista olosuhteista, kerran sadassa vuodessa tapahtuvien tulvien ennustetaan pienenevän jaksolla 2010–2039. Ilmastonmuutoksen vaikutus tulviin vaihtelee kuitenkin paikasta riippuen, koska paikallinen ilmasto ja valuma-alueen ominaisuudet vaikuttavat hydrologiaan merkittävästi (Arnell & Reynard 1996).

Sadannan rankkuuden ennustetaan kasvavan hieman keskivirtaamia enemmän Suomessa (Jylhä ym., 2007). Myös muissa Euroopan kattavissa tutkimuksissa on ennustettu ilmastonmuutoksen lisäävän rankkasateita (Beniston ym., 2007; Frei ym., 2006; IPCC, 2014). Rankkasateiden pitkittyessä tulvien riski kasvaa. Runsaajärvisillä alueilla, joissa tulvat ovat pitkäkestoisempia, rankkasateiden vaikutus tulvien syntymiseen on rajallisempi kuin esimerkiksi rannikon vesistöissä (Veijalainen, 2012a).

Harvinaisempi mekanismi, jolla tulvariskit voivat kasvaa on jokien padottuminen veden jäätyessä hyytämällä. Tällöin alijäähtyneessä vedessä muodostuu kiteitä, jotka toisiin tarttuessaan alkavat kertyä joen tai järven pohjalle. Hyytäminen aiheuttaa vesivoimalan operoinnille haasteita (Gebre ym., 2013). Ilmastonmuutoksen ennustetaan lisäävän hyydetulvien syntymiselle otollisia olosuhteita, jolloin saman aikaisesti virtaamat ovat suuria ja lämpötila äkillisesti putoaa (Huokuna ym., 2009; Veijalainen, 2012a). Hyydeongelmat ovat vakavampia jyrkillä joilla, jossa jääkansi ei muodostu suuresta turbulenssista johtuen (Yanity, 2007).

## 2.2 Sopeutumistarve vesistöjen säännöstelyssä

Järvien säännöstelylle, vesivoimatuotannolle sekä tulvasuojelulle aiheutuu sopeutumispaineita, kun jokien virtaamat sekä järvien vedenkorkeudet muuttuvat ilmastonmuutoksen myötä (Olsson ym., 2015). Nykyiset säännöstelyluvut perustuvat luvan myöntämistä edeltäneisiin hydrologisiin olosuhteisiin. Jatkossa säännöstelyjen toteuttaminen tarkoituksenmukaisesti nykyisillä luvilla tulee ongelmalliseksi, kun ilmastonmuutos aiheuttaa muutoksia virtaamissa ja vedenkorkeuksissa. Ongelmia esiintyy etenkin järvillä, joilla on nykyisessä säännöstelyluvassa kalenteriin sidottu kevään lumen sulamistulvan pienentämiseen tarkoitettu kevätkuoppa. (Silander ym., 2006.) Nykyiset säännöstelyn lupaehdot voivat johtaa ilmastonmuutoksen myötä epätarkoituksenmukaisiin juoksutuksiin ja tulvan torjunnan, vesivoimantuotannon, virkistyskäytön ja ekologian kannalta epäsuotuisiin tilanteisiin. Lupaehtojen noudattaminen voi muuttua ajoittain vaikeaksi tai jopa mahdottomaksi. (Jakkila ym., 2014.)

Ilmastonmuutoksen aiheuttaman epävarmuuden vuoksi vesistöjen säännöstelylupien tulisi olla joustavia (Middelkoop ym., 2001). Runsaalumisista talvia tulee edelleen esiintymään, joten varastotilaa lumien sulamistulville keväällä tullaan edelleen tarvitsemaan. Toisaalta talvia jolloin lunta kertyy vähän ja valunnat ovat suuria tulee

esiintymään useammin. Uusien lupien tulisi siis huomioida molempien tyyppiset talviolosuhteet. (Veijalainen ym., 2012.). Säännöstelyä voidaan sopeuttaa esimerkiksi siten, että kevättalven vedenkorkeuksia nostetaan ylemmäs, jolloin vedenkorkeudet eivät jää kesäisin alas kevättulvien pienenemisen seurauksena. Lisäksi syksyllä suuria juoksutuksia voitaisiin toteuttaa entistä alemmilla vedenkorkeuksilla, jolloin vedenkorkeuksien ja juoksutusten nousut saataisiin talvitulvien aikana pienemmiksi. (Jakkila ym., 2014.).

Säännöstelylupien muutostarpeet vaihtelevat järviä riippuen nykyisten lupien rajoista ja joustavuudesta sekä paikallisista hydrologisista ominaisuuksista (Veijalainen, 2010). Lupamuutosta kevyempiä toimia, eli säännöstelykäytäntöjen muuttamista vastaamaan paremmin muuttuvia virtaamia ja vedenkorkeuksia, tullaan tarvitsemaan myös järville, joilla nykyinen lupa tulee toimimaan tulevaisuudessa (Veijalainen, 2012a). Yleisimmin säännöstelykäytäntöjen muokkaaminen tulee kyseeseen syksyllä ja alkutalvella, jolloin suuret virtaamat voivat nostaa vedenkorkeuden säännöstelyrajan yläpuolelle (Jakkila ym., 2014.).

### **2.3 Lainsäädäntö säännöstelyn sopeuttamisessa**

Vesistöjen säännöstelyä koskevassa nykyisessä Suomen lainsäädännössä tärkein varautumiskeino ilmastonmuutokseen on vuoden 2014 alussa voimaan tullut vesilain muutos. Laajemmassa mittakaavassa Euroopan unionin vuodelle 2030 asettamat ilmasto- ja energiapolitiittiset tavoitteet (Euroopan komissio, 2014) sekä vuoden 2016 lopulla valmistuva Suomen kansallinen ilmasto- ja energiapolitiikka (TEM, 2016) voivat jossain määrin vaikuttaa vesivoiman tuotannon toimintaympäristöön. Pöyryn (2015) tekemien mallinnusten mukaan uuden ilmasto- ja energiapolitiikan vaikutus vesivoiman tuotantokapasiteettiin jää kuitenkin mitättömäksi.

Vesilain vuonna 2014 voimaan tulleella muutoksella pyritään varautumaan erityisesti sään ja vesiolojen ääri-ilmiöihin kuten tulviin, rankkasateisiin, epätavanomaisiin jääilmiöihin ja kuivuuteen. Uuden säännöksen (18 luku 3 a §) mukaan ELY-keskus voi laatia yhteistyössä luvanhaltijoiden sekä kuntien ym. viranomaisien kanssa padotus- ja juoksutusselvityksen toimenpiteistä, joilla haitallisia vaikutuksia voidaan pienentää. Tämän selvityksen perusteella ELY-keskus voi saattaa aluehallintovirastossa vireille hakemuksen yhdelle tai useammalle vesitaloushankkeelle annettuihin lupiin sisältyvien määräysten muuttamiseksi tai uusien määräysten lisäämiseksi 3 luvun 21 §:n 1 momenttiin lisätyn kohdan 4 nojalla. Tällöin tulvasta tai kuivuudesta voi aiheutua yleistä vaaraa ihmishengelle, turvallisuudelle tai terveydelle, suurta vahinkoa yleiselle edulle tai suurta ja laaja-alaista vahinkoa yksityiselle edulle, eikä näitä vaikutuksia muutoin voida riittävästi vähentää.

Viranomais voi myös hakea lupamääräysten tarkistamista vesiympäristön ja sen käytön kannalta haitallisten vaikutusten vähentämiseksi säännöstelyn kehittämisselvityksen perusteella (VL 19 luku 7 §) tai VL 3 luvun 21 §:n 1 momentin 2 kohdan mukaisesti olosuhteiden muutosten perusteella. Tällöin edellytetään, että säännöstelystä aiheutuu jo haitallisia vaikutuksia eli edellä mainituilla säännöksillä ei voida ennakoon varautua ilmastonmuutoksen vaikutuksiin. Kehittämisselvityksen perusteella tehtävät muutokset lupamääräysten muutoksesta voidaan muotoilla yhdessä luvanhaltijan kanssa.

Lupamääräysten tarkistaminen VL 3 luvun 21 §:n 1 momentin 2 tai 4 kohdan nojalla ei saa sanottavasti vähentää hankkeesta saatavaa hyötyä. Muut kuin vähäiset

edunmenetykset lupamääräysten tarkistamisesta tai uusien määräysten antamisesta määrätään hakijan korvattavaksi. Oikeustapauksia, joissa lupamääräyksiä olisi VL 3 luvun 21 § perusteella muutettu niin, että luvan haltijalle olisi aiheutunut edunmenetyksiä tai kustannuksia ei ole. Lupaviranomainen ei ole siis arvioinut milloin määräysten muuttaminen vähentää luvan haltijan rakentamisesta saatavaa hyötyä sanottavasti tai milloin luvan haltijalle koituva edunmenetys on vähäistä suurempi.

Valtion valvontaviranomainen voi myös hakea vaarantorjuntatoimia koskevan pykälän (VL 18 luku 4 §) perusteella tilapäisten olosuhteiden takia poikkeamislupaa säännöstelyluvan määräyksiin. Jos sopeutuminen ilmastonmuutokseen on mahdollista nykyisen säännöstelyluvan puitteissa, se on mahdollista toteuttaa luvanhaltijan vapaaehtoiseen toimintaan perustuen. Luvanhaltija voi myös itse hakea lupaan muutosta.

Ilmastonmuutoksen vaikutus vesivoiman tuotantoon on kiistaton. Muutokset etenkin talven ja kevään virtaamissa on huomioitava säännöstelyssä, jotta luparajoissa pysyttäisiin. Joissakin tapauksissa voimayhtiön on välttämätöntä lähteä tarkistamaan nykyisiä lupamääräyksiä. Tässä ilmastonmuutoksen vaikutus vesivoiman tuotantoon on pitkälti riippuvainen lainsäädännöstä, jonka mukaan lupamääräysten tarkistaminen ei sanottavasti saa heikentää hankkeesta saatavaa hyötyä. Tarkastellaan tilannetta seuraavaksi tarkemmin Savon Voiman säännöstelemillä vesistöillä.

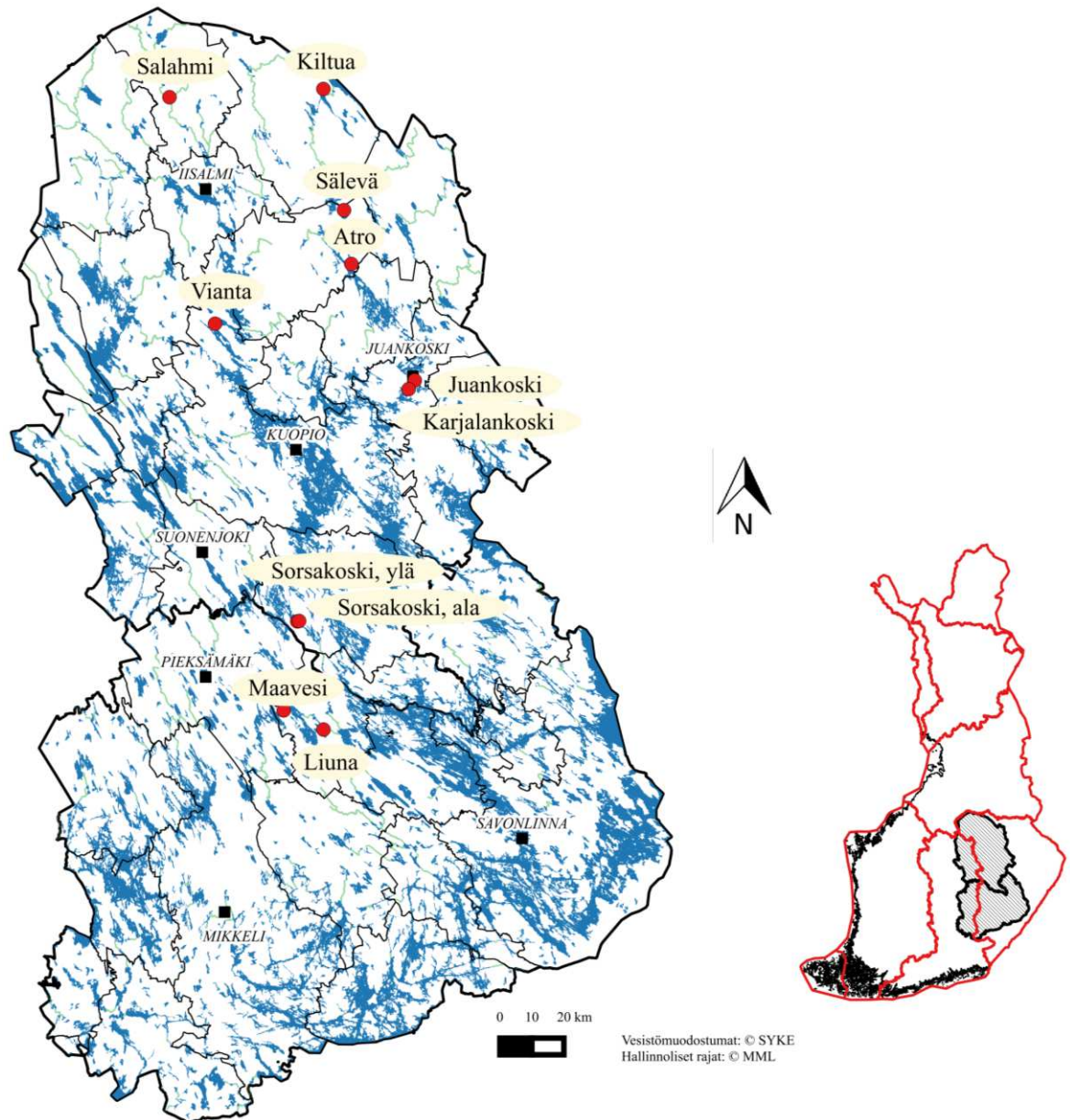
### 3 Tutkimusalueen ja tausta-aineiston kuvaus

Seuraavissa luvuissa käsitellään tutkimuksen kohteena olevia vesistöjä ja vesivoimantuotantoa. Luvussa 3.1 tehdään katsaus Savon Voiman säännöstelemiin vesistöihin, niiden luparajoihin sekä vesivoimalaitoksiin. Ilmastomuutoksen vaikutusta vedenkorkeuksiin ja lähtövirtaamiin sekä nykyisten säännöstelyluparajojen soveltuvuutta uusiin olosuhteisiin tarkastellaan luvussa 3.2. Ilmastomuutoksen vaikutuksia vesiluontoon ja muihin käyttömuotoihin on tarkasteltu päivittäisiin vedenkorkeus- ja virtaamatietoihin perustuvien mittareiden avulla alaluvussa 3.3.

#### 3.1 Vesivoima Etelä- ja Pohjois-Savossa

##### 3.1.1 Vesistöt

Etelä- ja Pohjois-Savon maakunnat sijaitsevat Itä-Suomessa. Alueella sijaitsee yhteensä yli 8000 järveä, jotka kattavat yli viidenneksen koko alueen pinta-alasta (**Kuva 4**). Maakunnat sijoittuvat Vuoksen vesienhoitoalueelle ja Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueelle. Maakuntien alueella sijaitsee ympäristöhallinnon järvirekisterin mukaan yhteensä 39 vesistösäännöstelyhanketta, joilla säännöstellään yhteensä 75 järveä, joiden pinta-ala on yhteensä noin 2300 km<sup>2</sup>. Tämä vastaa noin neljännestä koko alueen vesipinta-alasta. Tämän tutkimuksen kohteena ovat alueen 12 järveä, joita Savon Voima säännöstelee (**Taulukko 1**). Kaikkia järviä säännöstellään ainoastaan voimatalouden tarpeisiin.



**Kuva 4** Savon Voima Oyj:n omistamat vesivoimalaitokset sekä Etelä- ja Pohjois-Savon maakuntien sijainti. Suomen kartassa lisäksi punaisella vesienhoitoaluejako. Maakunnat sijaitsevat Vuoksen ja Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueilla.

Tutkittavista järivistä suurin säännöstelyväli on Sälevällä. Muita yli kahden metrin säännöstelyvälin järviä ovat Syväri, Karsanjärvi, Korpinen, Kiltuanjärvi sekä Haajaistenjärvi. Pinta-alaltaan järvet vaihtelevat pienestä pinta-alaltaan 1 km<sup>2</sup> kokoisesta Jokijärvestä 81 km<sup>2</sup> kokoiseen Syväriin. Järvien valuma-alueet ovat kooltaan 450–4100 km<sup>2</sup> ja yleisin maankäyttömuoto on metsätalous (Kotanen ym., 2016; Vallinkoski ym., 2012).

Lähes kaikilla järvillä säännöstelyluparajat määrittävät ylä- ja alarajan. Niillä pyritään muun muassa pitämään vedenkorkeus mahdollisimman vakaana virkistyskäytön kannalta tärkeimpään kesäaikaan. Poikkeuksia ovat Karjalankosken allas, jonka luvassa on ainoastaan yläraja sekä Karsanjärvi, josta puuttuvat molemmat rajat. Suurimmassa osassa järvistä säännöstelyluvassa vaaditaan vedenkorkeuden alentamista talven ja alkukevään aikana, jotta järvessä olisi tilaa lumen sulamisvesille (kevätkuoppa). Näitä ovat Maavesi, Iso- ja Pieni Vehkalahti, Syväri, Sälevä, Kiltuan- ja Haajaistenjärvi sekä



Laakajärvi. Lisäksi pakollinen kevätkuoppa, jonka syvyys on sidottu vesitilanteeseen esimerkiksi lumen vesiarvosta riippuen löytyy Salahmiltä, Vuotjärveltä sekä Sorsavedeltä. Tutkittavista järvistä pakollista kevätkuoppaa ei löydy Karjalankosken altaalta, Jokijärveltä, Karsanjärveltä eikä Korpiselta.

**Taulukko 1** Savon Voima Oyj:n säännöstelemät järvet. Järvien ja voimalaitoksien sijainnit on esitetty kuvan 5 kaaviossa.

Järvi	Valuma-alueen pinta-ala (km <sup>2</sup> )	Pinta-ala (km <sup>2</sup> )	Säännöste-lyväli (m)	Säännöstelyn aloitusvuosi
Salahminjärvi	460	5	1,7	1966
Karjalankosken allas	4128	1	1,3	1961
Iso- ja Pieni Vehkalahti	4128	5	1,15	1961
Vuotjärvi	4105	59	1,8	1959
Syväri	2430	81	2,45	1959
Karsanjärvi ja Korpinen	1200	8	2,5	1962
Sälevä	1132	18	2,8	1976
Kiltuan- ja Haajaistenjärvi	709	16	2,35	1961
Laakajärvi	464	35	2	1961
Sorsavesi	450	51	0,65	1787/1992
Kolpanjärvi ja Jokijärvi		1	0,41	1920/1994
Maavesi	870	33	1,05	1983

### 3.1.2 Voimalaitokset

Savon Voima Oyj omistaa yhteensä 11 voimalaitosta (**Taulukko 2**), joiden keskimääräinen energiantuotanto vuodessa on yhteensä noin 90 GWh. Voimaloiden yhteenlaskettu teho on noin 30 MW, joka vastaa noin yhtä prosenttia koko maan vesivoimakapasiteetista. Voimalaitoksien tehot vaihtelevat Viannan pienestä 150 KW:n voimalasta suurimpaan 6,5 MW:n Atron voimalaitokseen. Atron on myös energiantuotannoltaan suurin. Sen keskimääräinen vuosituotanto on noin 17,5 GWh.

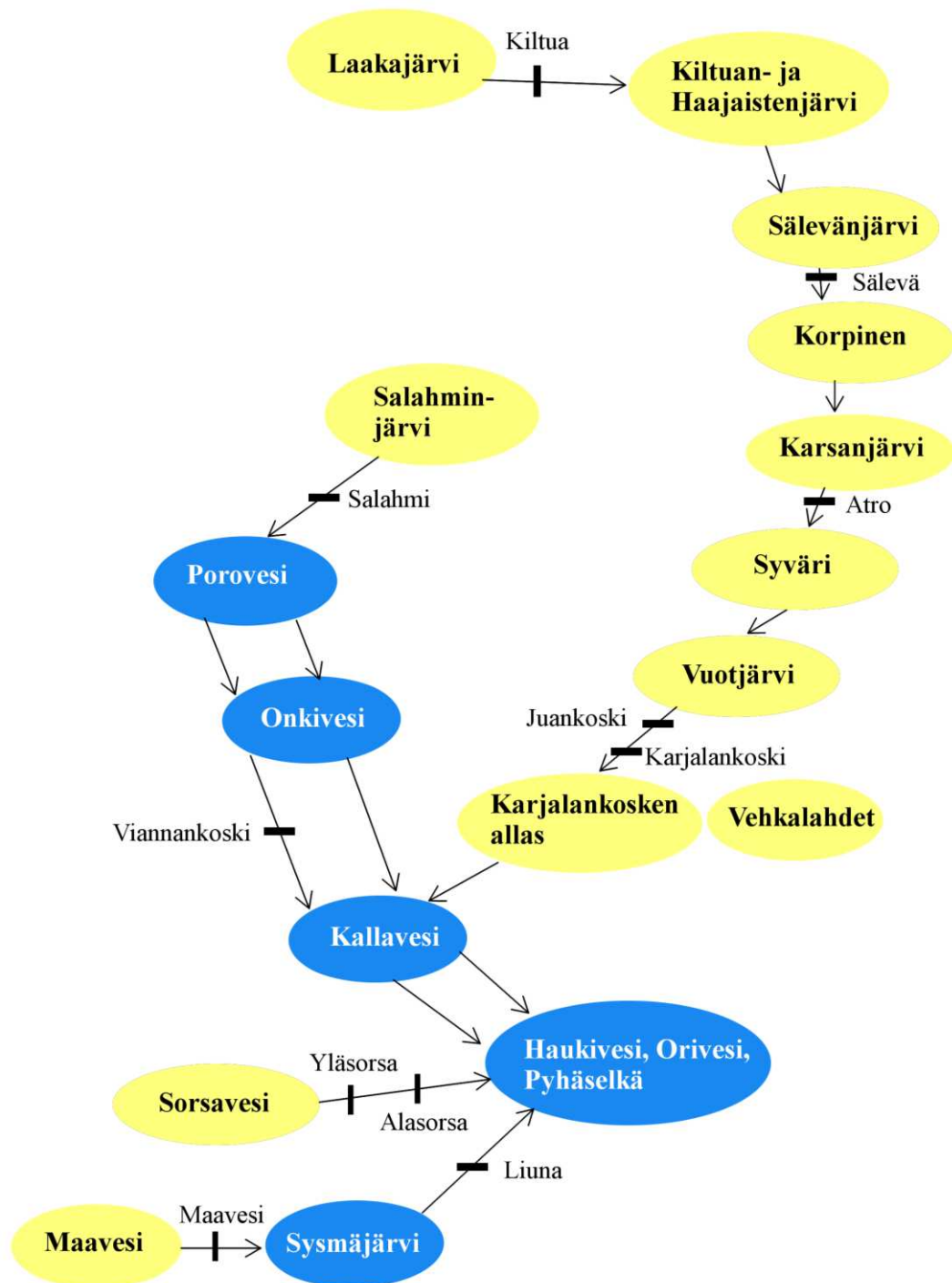
**Taulukko 2** Savon Voima Oyj:n vesivoimalaitokset. Voimalaitosten sijainnit on esitetty kuvan 4 kartassa.

Voimalaitos	Putouskorkeus (m)	Teho (MW)	Energia (GWh/a)	Rakennusvirtaama (m <sup>3</sup> /s)
Sorsakoski, ylä	9	0,5	1,8	8- 9
Sorsakoski, ala	11	0,6	2,2	8 - 9
Salahmi	12,5	0,8	3	8
Karjalankoski	6,5	4,5	20	80
Juankoski	6,5	5,5	20	100
Atron	14,5	6,5	17,5	50
Sälevä	7	3	6,5	50
Vianta	2,5	0,15	1,3	5
Kiltua	18,8	5,6	7,5	35
Maavesi	10,4	1,7	5,5	20
Liuna	6,5	1,27	4,6	22

Järvet sijoittuvat kolmelle maakuntien vesienhoidon toimenpideohjelmassa (Kotanen ym., 2016; Vallinkoski ym., 2012) jaotelluille suunnittelualueelle. Tärkein näistä vesivoiman tuotannon kannalta Pohjois-Savossa on Nilsin reitti, jossa sijaitsevat



Kiltuan, Sälevän, Atron, Juankosken sekä Karjalankosken voimalaitokset (**Kuva 4**). Reitti alkaa Laakajärvestä, josta vesi purkautuu Nurmijoen reittiä pitkin Syväriin ja siitä edelleen Lastukosken kautta Vuotjärveen. Vuotjärvestä vesi purkautuu Juankosken ja Karjalankosken kautta Juurusveden alueelle. Reittiin liittyy idempää myös Tiilikanjoen sekä Kerityn- ja Luostanjoen vesistöt. Pohjois-Savossa sijaitsevat myös lisälmen reitillä Salahmin ja Viannan voimalaitokset sekä maakunnan eteläisellä rajalla ylä- ja alasorsan voimalaitokset. Etelä-Savossa Kyrsyänjärvi-Tuusjärvi-Sysmäjärvi-Syysjärvi suunnittelualueella sijaitsevat Savon Voima Oyj:n omistamat Maaveden sekä Liunan voimalaitokset.



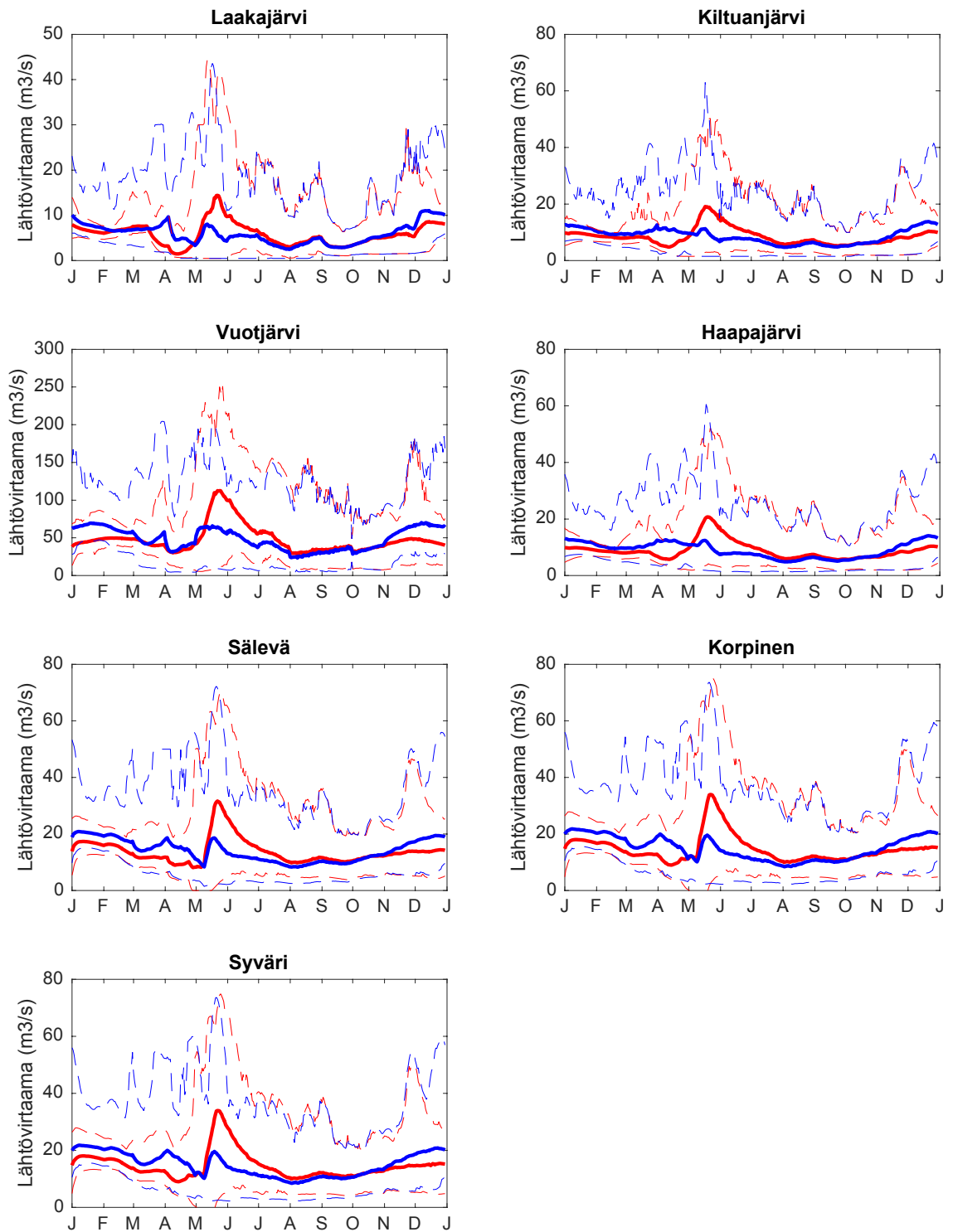
**Kuva 5** Savon Voiman säännöstelemät vesistöt (keltaisella) ja voimalaitokset (muokattu, Keto ym. 2008).

### **3.2 Vesivoima ja ilmastonmuutos**

Ilmastonmuutoksen vaikutusta Savon Voima Oyj:n säännöstelemillä vesistöillä on tutkittu Jakkilan ym. (2014) toimesta Laakajärvellä, Kiltuanjärvellä, Haapajärvellä, Vuotjärvellä, Sälevällä, Korpisella sekä Syvärillä. Säännöstelylupien arviointia ilmastonmuutosta silmällä pitäen on lisäksi tehty Dubrovin (2015) sekä Keton ym. (2008) selvityksissä. Tässä luvussa on tarkasteltu ilmastonmuutoksen vaikutusta tulovirtaamiin ja vedenkorkeuksiin edellä mainituilla seitsemällä vesistöillä. Muilla Savon Voiman säännöstelemillä vesistöillä (Salahminjärvi, Karjalankosken allas, Iso- ja Pieni Vehkalahti, Sorsavesi, Jokijärvi, Maavesi) tarkastelu rajoittuu säännöstelylupien muuttamistarpeen arviointiin Dubrovin (2015) sekä Keto ym. (2008) selvitysten perusteella. Tämän työn puitteissa näiden vesistöjen hydrologinen mallinnus tulevaisuuden vedenkorkeuksien ja virtaamien arvioimiseksi ei ollut mahdollista.

#### **3.2.1 Vaikutus vedenkorkeuksiin ja lähtövirtaamiin**

Jakkilan ym. (2014) mukaan kevään virtaamahuiput aikaistuvat ja pienentyvät selvästi ilmastonmuutoksen myötä 2010–2039 jaksolla kaikilla tarkastelussa mukana olevilla vesistöillä (**Kuva 6**). Kuvassa on esitetty 19 globaalin ilmastomallin keskiskenaarion ennustamat tulovirtaaman 30 vuoden päivittäiset keski-, minimi- ja maksimiarvot referenssijaksolla 1971–2000 sekä ilmastonmuutosjaksolla 2010–2039. Talven ja syksyn virtaamien ennustetaan kasvavan kaikilla tarkastelluilla järvillä. Sen sijaan kesävirtaamat näyttäisivät hieman pienentyvän ilmastonmuutoksen myötä 2010–2039 vuosijaksolla. (Jakkila ym. 2014.)



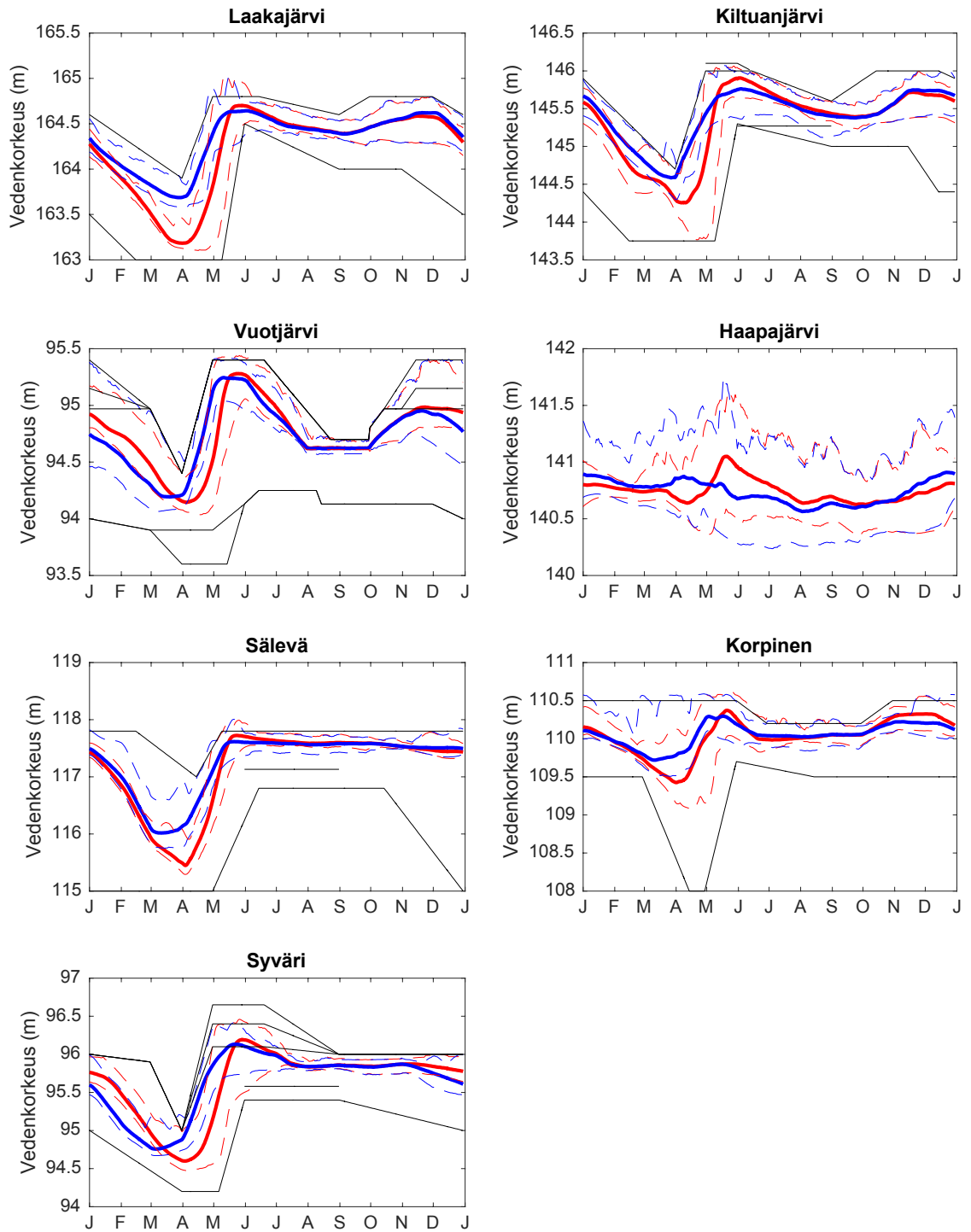
**Kuva 6** Tulovirtaamien 30 vuoden päivittäiset, keski-, minimi- ja maksimi-arvot referenssijaksolla 1971–2000 (punaisella) sekä ilmastonmuutosjaksolla 2010–2039 (sinisellä) 19 globaalien ilmastomallin keskiskenaariolla. (muokattu, Jakkila ym., 2014)

Taulukkoon 3 on laskettu Jakkilan ym. (2014) raportin vuosijaksolle 2010–2039 ennustettuista virtaamista muutokset referenssijaksoon 1971–2000 verrattuna. Taulukkoon on laskettu muutokset vuotuisissa ja vuodenaikaisissa virtaamisissa. Suurin vaikutus ilmastomuutoksella on ennusteiden mukaan talvivirtaamiin (jouluku–helmikuu), jotka kasvavat 18–41 %. Talvivirtaamat kasvavat enemmän Nilsin reitin loppupäässä Syvärillä (33 %) ja Vuotjärvellä (41 %). Reitin alkupäässä Laakajärvellä talvivirtaamat kasvavat suhteessa vähemmän, noin 18 %. Myös syksyn virtaamat kasvavat kaikilla järvilla, mutta muutos on pienempää, noin 4–9 %. Kesän keskivirtaamien ennustetaan pienenevän melko tasaisesti (23–32 %) kaikilla tarkastelluilla järvilla. Vuosittainen virtaaman muutos on hyvin vähäistä.

**Taulukko 3** Vuotuiset ja vuodenaikaiset muutokset keskivirtaamisissa 2010–39 jaksolla (Jakkila ym., 2014).

	Vuotuinen (%)	Kevät (%)	Kesä (%)	Syksy (%)	Talvi (%)
<b>Laakajärvi</b>	+1,5	-0,2	-22,8	+8,8	+17,9
<b>Kiltuanjärvi</b>	+1,8	+3,8	-27,2	+5,4	+26,0
<b>Säleväjärvi</b>	+2,2	+6,5	-27,1	+2,7	+25,6
<b>Korpinen</b>	+2	+4,3	-27,7	+4	+26,3
<b>Syväri</b>	+1,4	-5,8	-31,6	+8,1	+33,3
<b>Vuotjärvi</b>	+1,3	-8,2	-27,2	+7,5	+40,7
<b>Haapajärvi</b>	+1,8	+4,5	-29	+4,7	+28,4

Jakkilan ym. (2014) tulosten mukaan merkittävin muutos vedenkorkeuksissa Nilsin reitillä tapahtuu keväällä (**Kuva 7**). Kevään sulamistulvan pienentämiseen tarkoitetun kevätkuopan aiheuttaman kevään vedenkorkeuden alenema pienenee etenkin Laakajärvellä ja Kiltuanjärvellä. Kesän vedenkorkeuksissa ei ennusteen mukaan tapahdu vuosijaksolla 2010–2039 suurta muutosta nykyisten lupaehtojen mukaan juoksuttaessa. Reitin alkupäässä Laakajärvellä ja Kiltuanjärvellä vedenkorkeus voi kuitenkin jäädä joinakin vuosina hieman referenssijakson minimikorkeuksien alapuolelle.

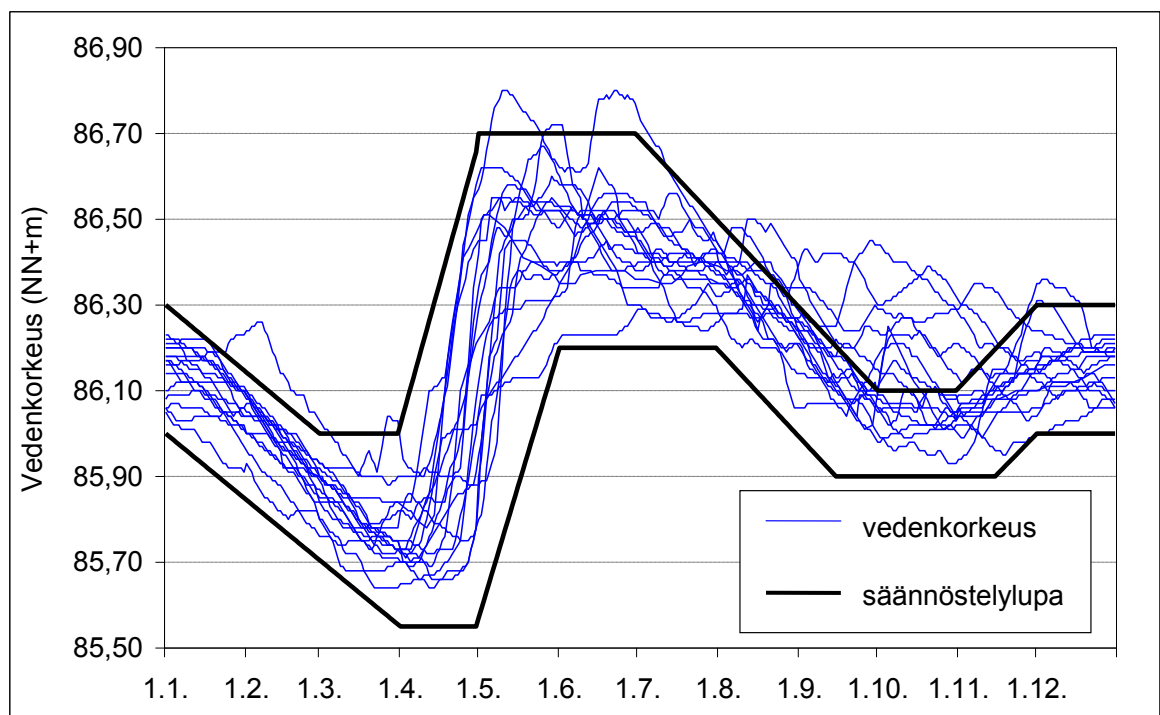


**Kuva 7** Tarkasteltavien vesistöjen päivittäiset maksimi-, minimi- ja keskiarvot vertailujaksolla 1971–2000 (punaisella) sekä ilmastonmuutosjaksolla 2010–39 (sinisellä) nykyisten lupaehtojen mukaisella säännöstelyllä. Säännöstelyrajat on esitetty kuvassa mustalla. (muokattu, Jakkila ym., 2014)

### 3.2.2 Säännöstelylupien muutostarve 2010–2039

Tarvetta muuttaa säännöstelylupia ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi on arvioitu Nilsin reitille Jakkilan ym. (2014) raportissa. Raportin tulosten mukaan nykyisten säännöstelylupien mukaiset säännöstelyohjeet tulevat todennäköisesti toimimaan kohtuullisen hyvin nykyisenkaltaisesta pakollisesta kevätkuopasta huolimatta Laakajärvellä, Kiltuanjärvellä, Sälevällä, Syvärillä sekä Vuotjärvellä jaksolla 2010–2039. Korpisella ei ole pakollista kevätalennusta, joten säännöstelyn sopeuttaminen voidaan toteuttaa nykyisen säännöstelylupan puitteissa.

Muita säännöstelylupia, joissa Savon Voima on luvanhaltijana, on tarkasteltu Dubrovinin (2015) selvityksessä. Sen mukaan Salahmilla ja Sorsavedellä kevätkuopan kannalta joustavat, vesitilanteeseen perustuvat säännöstelyluvat mahdollistavat ilmastonmuutokseen sopeutumisen. Myös Karjalankosken altaalla sekä Jokijärvellä sopeutuminen on mahdollista nykyisen luvan puitteissa, koska niissä ei vaadita tekemään kevätkuoppaa. Maavedellä voi Dubrovin (2015) mukaan koitua säännöstelylle ongelmia pakollisesta kevätkuopasta johtuen, mutta arvion mukaan tarvetta lupamuutokselle ei ole vielä vuoteen 2030 mennessä. Vehkalahdilla ongelmia kevätalennuksen ja kesävedenkorkeuden saavuttamisen kanssa voi tulla tiukasti luvassa määrättyjen vedenkorkeuksien ja pienen vaihteluvälin vuoksi jo 2020-luvulla (**Kuva 8**).



**Kuva 8** Vehkalahtien vedenkorkeudet jaksolla 1980–1995 (sinisellä) ja säännöstelylupan mukaiset säännöstelyrajat (mustalla) (Keto ym., 2008)

### **3.3 Ilmastonmuutoksen vaikutus vesiluontoon ja muihin käyttömuotoihin**

Ilmastonmuutoksen vaikutusta vesistöjen tilaan ja muihin käyttö muotoihin on oleellista arvioida, kun sopeutuvia säännöstelykäytäntöjä suunnitellaan luvan muuttamiseksi. Vaikutusten arviointi on tämän työn puitteissa haasteellista, koska biologista aineistoa on huonosti saatavilla. Vesiluonnolle, virkistyskäyttäjille ja taloudelle vesistöjen säännöstelystä aiheutuvia vaikutuksia on kuitenkin pyritty arvioimaan Savon Voiman säännöstelemillä vesistöillä Suomen ympäristökeskuksen toimesta niin sanotulla REGCEL analyysimenetelmällä, jonka mittarit perustuvat päivittäisiin tietoihin vedenkorkeuksista ja virtaamista (Keto ym., 2008). Ilmastonmuutoksen vaikutuksia arvioidaan vertaamalla skenaariojaksoa 2010–2039 nykyisten lupaehtojen mukaisella säännöstelytavalla referenssijaksoon 1971–2000. Jakkila ym. (2014) käyttävät menetelmää arvioidessaan ilmastonmuutoksen vaikutusta Laakajärvellä, Kiltuanjärvellä, Sälevällä, Korpisella, Syvärillä sekä Vuotjärvellä.

Tässä luvussa käydään läpi Jakkilan ym. (2014) selvityksen tuloksia ilmastonmuutoksen vaikutuksesta vesiluontoon ja muihin järvien käyttäjiin. Nilsiä reitin ulkopuolella sijaitsevia Savon Voiman säännöstelemiä vesistöjä ei tarkastella, koska vastaavia selvityksiä ei niistä ole vielä tehty eikä niitä tämän tutkimuksen puitteissa voitu toteuttaa. REGCEL menetelmällä on epävarmuutensa, kuten esimerkiksi se, että näin terävärajaisessa luokittelussa pienikin muutos saattaa näyttää suurelta, jos se sattuu osumaan luokkarajalle. Menetelmä ei myöskään huomioi aukottomasti kaikkia ilmastonmuutoksen vaikutuksia, kuten vaikutuksia vedenlaatuun. Tuloksista saadaan kuitenkin kuvaa siitä vaikuttaako ilmastonmuutos muihin vesistön käyttäjiin ja vesiluontoon positiivisesti vai negatiivisesti.

#### **3.3.1 Vesiluonto**

Jakkila ym. (2014) arvioi vesiluontoon kohdistuvia vaikutuksia kuudella mittarilla; vedenkorkeuden alenema talvella, kevättulvan suuruus, saraikon laskennallinen laajuus, veden minimisyvyys saraikossa hauen kutuaikana, vedenkorkeuden lasku hauen kutuaikana sekä vedenpinnan nousu lintujen pesintäaikana. Mittarit perustuvat Marttusen ym. (2001) ja Hellstenin ym. (2002) arvioimiin tutkimushankkeisiin. Mittareille lasketaan vertailua varten 30 vuoden keskiarvot. Ilmastonmuutos vaikuttaa pääsääntöisesti myönteisesti kahteen ja kielteisesti neljään tarkasteltuun mittariin.

Ilmastonmuutoksen kielteisiä vaikutuksia kaikilla järvillä ovat kevättulvan pieneneminen, saraikon laskennallisen laajuuden pieneneminen ja vedenpinnan nousun lisääntyminen lintujen pesintäaikana. Veden minimisyvyys pääsääntöisesti laskee saraikossa hauen kutuaikana, joka vaikeuttaa hauen lisääntymistä. Syvärillä ja Vuotjärvellä tilanne ei juuri muutu tämän mittarin osalta. Positiivisesti ilmastonmuutos vaikuttaa kaikilla järvillä vedenkorkeuden alenemaan talvella ja vedenkorkeuden laskuun hauen kutuaikana. (Jakkila ym., 2014.)

Pääasiassa negatiiviset vaikutukset jäävät vähäisiksi vuosijaksolla 2010–2039, mutta Kiltuanjärvellä ja Sälevällä vaikutus arvioidaan melko suuriksi kolmen mittarin osalta. Molemmilla järvillä veden minimisyvyys saraikossa hauenkutuaikana laskee noin 10–15 senttiä, joka on huomattavasti suurempi pudotus kuin muilla tutkituilla järvillä. Vedenpinnat nousevat lintujen pesintäaikana molemmilla järvillä enemmän kuin muilla järvillä. Lisäksi melko suurta haitallista vaikutusta vesiluonnolle voi syntyä Kiltuanjärvellä, jossa kevättulva pienenee tutkimuksen järvistä eniten. (Jakkila ym., 2014.)

### 3.3.2 Virkistyskäyttö, eroosio, tulvat

Nykyisillä luvilla säännösteltäessä kaikilla tutkimuksessa mukana olevilla järvillä ilmastonmuutoksen vaikutus vuosijaksolla 2010–2039 virkistyskäyttöön, eroosioon sekä tulviin on Jakkilan ym. (2014) tulosten perusteella positiivinen. Ainoan poikkeuksen tekee Vuotjärvi, jossa päivien lukumäärä, jolloin vedenkorkeus on mahdollisesti eroosiota aiheuttavalla tasolla kasvaa muutamalla päivällä. Kaikilla järvillä ilmastonmuutoksella on positiivinen vaikutus virkistyskäyttöön, jota on mitattu toukokuuskuussa esiintyvien päivien lukumääränä, jolloin vedenkorkeus on virkistyskäytön kannalta hyvällä vyöhykkeellä. Vyöhykkeiden rajat perustuvat virkistyskäyttäjien kokemuksiin haitallisista vedenkorkeuksista kullakin järvellä.

Ilmastonmuutoksen vaikutusta tulviin arvioitiin laskemalla, kuinka paljon tulvaraja enimmillään ylittyy vuosittain. Tarkastelun perusteella tulvien riski ei lisääntyisi mallinnetuilla järvillä. Toisaalta hyyderiskipäivien määrä hieman kasvaa talvivirtaamien kasvaessa Haapajärvellä, jonka alapuolisilla Aittokoskella ja Saarikoskella hyhydeongelmia on aikaisemmin esiintynyt.



## 4 Aineisto ja menetelmät

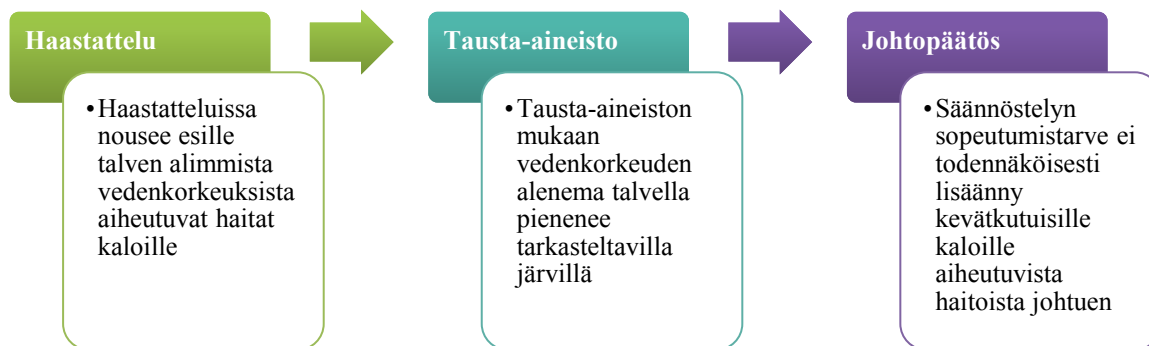
### 4.1 Yleistä

Tässä tutkimuksessa hyödynnetään luvussa 3.2 esiteltyä tausta-aineistoa ennustetuista ilmastonmuutoksen vaikutuksista hydrologiaan sekä vesiluontoon sekä sidosryhmä haastatteluissa kerättyä aineistoa (**Kuva 9**). Haastatteluilla kerättyä aineistoa peilataan tausta-aineistoon tarkasteltavien järvien säännöstelyn sopeutumistarpeen jatko-arvioimiseksi sekä vesivoiman tuotantoon kohdistuvien odotusten kartoittamiseksi.

Jakkilan ym. (2014) selvityksessä Nilsin reitille tehty säännöstelyjen sopeutumistarpeen arviointi on riippuvainen siitä miten eri mittareita, kuten ilmastonmuutoksen vaikutuksia virkistyskäyttöön, vesiluontoon, eroosioon, tulviin tai vesivoiman tuotantoon on painotettu. Haastatteluilla pyritään löytämään niitä ilmastonmuutoksen vaikutuksia, joita eri sidosryhmät painottavat eniten ja täten oleellisinna vaikuttavat vesivoiman tuotantoon Savossa. **Kuvassa 9** on esitetty myös haastatteluiden analysoinnissa käytetty teemoittelu säännöstelyn nykytilaan, ilmastonmuutoksen vaikutukseen, tiedottamiseen ja yhteistyöhön sekä säännöstelyn kehittämiseen. Lisäksi **Kuvassa 10** on esimerkki tutkimuksessa tehdystä haastattelu- ja tausta-aineiston välisestä vertailusta.



**Kuva 9** Tutkimuksessa käytetyt aineistot. Haastatteluilla kerättyä aineistoa peilataan tutkimuksessa Suomen ympäristökeskuksen laatimaan tausta-aineistoon.



*Kuva 10 Esimerkki tutkimuksessa käytetystä haastattelu- ja tausta-aineiston välisestä vertailusta.*

## 4.2 Laadullinen tutkimus

Tutkimuksen empiirinen osa on laadullinen. Aineistonkeruussa on käytetty haastattelumenetelmiä. Laadullisen tutkimuksen tavoitteena on Järvenpään ja Kososen (2000) mukaan ymmärtää ilmiötä ja nähdä se tiedonlähteenä olevan subjektin näkökulmasta. Haastattelut ovat laadullisen tutkimuksen yleisimpiä menetelmiä, joita voidaan pitää keskusteluina, joilla on ennalta määritetty tarkoitus eli tiedon kartuttaminen (Hirsjärvi & Hurme, 2000). Tämän työn tavoitteena on ymmärtää vesivoiman tuotantoon kohdistuvia tavoitteita ja odotuksia eli kartuttaa tietoa siitä miten haastateltavat kokevat vesivoiman tuotannon tulevaisuudessa. Tähän tarkoitukseen järvien säännöstelyistä kiinnostuneiden sidosryhmien haastattelu koettiin toimivaksi menetelmäksi.

Hirsjärvi ja Hurme (2000) jaottelevat haastattelut sen mukaan kuinka strukturoituja ne ovat. Lomakehaastattelu on strukturoiduin, sillä siinä on täysin ennalta määrätyt kysymykset ja niiden järjestys. Avoin haastattelu on jo lähellä tavanomaista keskustelua, joka kehittyy vapaasti. Tämän tutkimuksen tavoitteiden kannalta lomaketutkimus suljettiin pois, koska tällöin olisi pitänyt jo ennalta tietää millaisia asioita haastatteluissa nousee esille. Tässä tutkimuksessa haluttiin nimenomaan nostaa esille asioita, joita ei osattu ennalta odottaa, jotta niihin voitaisiin vesivoiman tuotannon suunnittelussa paremmin varautua. Toisaalta tämän tutkimuksen aihepiiri ja sen teemat ovat ennalta määritettyjä, joten avointa haastattelua ei voida pitää toimivana. Siispä aineisto kerättiin tässä tutkimuksessa näiden kahden välimuodolla eli teemahaastatteluilla. Etuna teemahaastatteluissa on se, että keskustelua voidaan ohjata tutkimuksen kannalta kiinnostaviin aiheisiin (Hirsjärvi & Hurme, 2000).

Kerättyä aineistoa tarkastellaan työssä faktanäkökulmasta, joka tarkoittaa sitä, että haastattelutekstejä pidetään rehellisinä ja todenmukaisina väitteinä ulkopuolisesta todellisuudesta (Alasuutari, 1999). Päinvastainen vaihtoehto olisi, että aineistosta analysoitaisiin sen piilosisältöä, eli sitä miten tai millä tavalla haastateltavat vastaavat kysymyksiin. Tämän tutkimuksen kannalta se millä tavalla haastateltavat vastaavat kysymyksiin ei ole kiinnostavaa. Sen sijaan ollaan kiinnostuneita siitä *mitä* haastateltavat vastaavat. Huomiota kiinnitetään kuitenkin vastausten luotettavuuteen.

## 4.3 Teemahaastattelut

### 4.3.1 Haastattelukysymysten valinta

Haastattelujen teemat vaihtelivat haastateltavan edustaman sidosryhmän mukaan. Teemojen valinnassa huomioitiin myös haastateltavan kokemus kustakin aiheesta. Esimerkiksi kalatalousasiantuntijan kanssa keskityttiin enemmän säännöstelyn ja ilmastonmuutoksen kalastovaikutuksiin, kun voimalaitosjohtajan kanssa keskusteltiin muun muassa ilmastonmuutokseen sopeutumisesta tuotannossa. Haastattelurunko muodostui myös Savon Voimalta ja Suomen ympäristökeskukselta saatujen suositusten perusteella. Haastatteluissa kerättiin uusia näkökulmia ja toisaalta tarkennettiin tämän työn haastatteluiden kuluessa aikaisemmin esille tulleita näkökulmia.

Teemoja ei haluttu valita liikaa, jotta vastausten sisältö ei kärsisi haastateltavien uupuessa (Auerbach ja Silverstein, 2003). Ennen haastatteluja teemoiksi valikoituivat:

1. Säännöstelyn nykytila
2. Ilmastonmuutoksen vaikutukset haastateltavan toimialaan
3. Yhteistyö ja tiedottaminen säännöstelyssä

Ensimmäisen teeman kysymykset koskivat haastateltavan näkemystä nykyisestä säännöstelystä ja sen toimivuudesta. Esille pyrittiin tuomaan nykyisen säännöstelyn vaikutuksia haastateltavan toimialaan ja mahdollisia kehittämisideoita. Lisäksi virkistyskäyttäjien näkemystä haluttiin saada mukaan työhön kysymällä mahdollisista yhteydenotoista säännöstelyyn liittyen. Toisen teeman tarkoituksena oli kerätä tietoa siitä miten haastateltavat näkevät ilmastonmuutoksen vaikuttavan vesivoiman tuotantoon tai heidän toimintaansa. Ilmastonmuutosta pyrittiin konkretisoimaan kysymällä haastateltavilta kokemuksia lauhemmista ja märemmistä talvista, joita on viime vuosina (2013–2014) esiintynyt. Kirjallisuuskatsauksen perusteella näiden olosuhteiden voidaan olettaa lisääntyvän ilmastonmuutoksen myötä (luku 2.1.4). Viimeisellä teemalla haluttiin kerätä haastateltavien kokemuksia yhteistyöstä ja tiedottamisesta järvien säännöstelyyn liittyen. Erityisesti haluttiin saada tietoa siitä, miten haastateltavat toivoisivat yhteistyön toimivan, jos säännöstelyjen lupaehtoja lähdetään muuttamaan uusiin olosuhteisiin soveltuvimmiksi.

### 4.3.2 Haastateltavien valinta

Tutkimuksen kohderyhmä oli Savon vesistöjen säännöstelystä kiinnostuneet sidosryhmät. Tavoitteena oli saada mahdollisimman kattavasti eri sidosryhmien näkemyksiä mukaan työhön. Haastateltavia valittiin Savon Voima Oyj:n ja Pohjois-Savon ELY-keskuksen suosituksiin perustuen. Lisäksi haastateltavia etsittiin hakemalla Internetistä sidosryhmien edustajia. Haastatteluihin osallistuneet henkilöt on esitetty alla (**Taulukko 4**).

*Taulukko 4 Haastateltavat*

<b>Haastateltava</b>	<b>Asema</b>	<b>Organisaatio</b>
A	Vesistöinsinööri	Pohjois-Savon ELY-keskus
B	Johtava kalatalousasiantuntija	Pohjois-Savon ELY-keskus
C	Toimitusjohtaja	Savo-Karjalan ympäristötutkimus
D	Hallituksen jäsen	Nilsin reitin kalastusalueen hallitus
E	Toimitusjohtaja	Koskienergia Oy
F	Toimitusjohtaja	Pohjois-Karjalan Sähkö Oy
G	Ex-puheenjohtaja	Pohjois-Savon Maa- ja Metsätaloustuottajain Keskusliitto Mtk ry

Virkistyskäyttäjien haastattelut rajattiin työn ulkopuolelle, koska kattavaa lomakekyselyä tai haastattelututkimusta ei tämän työn puitteissa voitu toteuttaa. Lisäksi ilmastonmuutos nähtiin aiheeseen perehtymättömälle järven käyttäjälle vaikeaksi. Virkistyskäytön näkökulman toivottiin kuitenkin nousevan esille muiden sidosryhmien haastatteluissa.

#### **4.3.3 Haastattelujen toteutus**

Tutkimukseen haastattelut suoritettiin 23.6.–13.7. 2016. Ennen haastatteluja kunkin osallistujan kiinnostusta osallistua tutkimukseen kysyttiin puhelimitse. Haastattelut suoritettiin yksilöhaastatteluina videopuhelupalvelun kautta. Haastattelut kestivät 20–45 minuuttia ja ne nauhoitettiin sanalukoneella haastateltavien suostumuksesta. Kunkin haastattelun aluksi haastattelijä kertoi tutkimuksen taustoista sekä haastattelun teemoista.

Haastattelijä piti huolen, että kaikki etukäteen suunnitellut teemat tulivat käsitellyiksi haastattelussa, vaikka teemojen järjestys saattoikin vaihtua keskustelussa esille tulevien asioiden pohjalta. Tutkija esitti lisäkysymyksiä työn kannalta kiinnostavista aiheista, joita nousi esille haastateltavan vastauksista. Väljällä haastattelurungolla pyrittiin saamaan asioita esille laajemmin ja monimuotoisemmin (Corbin & Strauss, 2008).

Kaikki työssä toteutetut haastattelut nauhoitettiin ja litteroitiin. Haastatteludialogit kirjoitettiin puhtaaksi sanasta sanaan keskittymättä kuitenkaan epäolennaisiin toistoihin ja täytesanoihin. Litteroinnin tarkkuus valittiin Hirsjärven ja Hurmeen (2008) menetelmäoppaan mukaisesti tutkimustehtävän eli vesivoiman toimintaympäristön muutosten kartoittamisen vaatimalla tarkkuudella. Haastatteluiden aikana kerättiin myös muistiinpanoja tärkeimmistä esille nousseista aiheista. Litteroituja haastatteluja kertyi yhteensä 35 sivua fonttikoolla 12 ja rivivälillä 1.

#### **4.4 Aineiston analysointi**

Aineiston analyysissä käytetty teemoittelu (**Kuva 9**) tarkentui tutkimuksen kuluessa, kun aineisto alkoi hahmottua kokonaisuutena. Analyysi aloitettiin luokittelemalla aineisto sen mukaan, mitä kustakin teemasta oli haastatteluissa sanottu (Tuomi & Sarajärvi, 2008). Aineiston sisältöä jäsentäviä teemoja lisättiin yksi haastatteluiden

jälkeen. Vastaukset jaettiin haastatteluissa käytettyjen teemojen (säännöstelyn nykytila, ilmastonmuutoksen vaikutus, yhteistyö ja tiedottaminen) lisäksi säännöstelyn kehittämiseen. Haastatteluissa säännöstelyn kehittäminen muodostui tärkeäksi aiheeksi. Useat haastateltavat nostivat esille ajatuksiaan siitä miten säännöstelyjä tulisi muuttaa jatkossa. Aineistosta poimittiin kuhunkin teemaan liittyvät osiot ja nämä osiot kerättiin yhtenäisiksi kokonaisuuksiksi omiksi tekstitiedostoihin. Tekstit luettiin läpi useaan kertaan aineiston sisäistämiseksi ja ymmärtämiseksi.

Varsinaista teoriaa, jonka avulla aineistoa voitaisiin tulkita ei tämän tutkimuksen tapauksessa ole olemassa, joten tulkintaa tehtiin vapaasti päättelyn keinoin. Tulkinnan avulla pyrittiin saamaan kokonaisvaltaisempi ja rikkaampi kuva tutkimuskohteesta (Hirsjärvi & Hurme, 2000). Aineistoa tulkittiin tutkimusongelman näkökulmasta. Toisin sanoen aineistoa lukiessa pyrittiin samalla miettimään kuinka kukin vastauksessa esille noussut ilmiö tai asia voisi vaikuttaa vesivoiman tuotannon toimintaympäristöön. Samalla vastauksia myös peilattiin ilmastoennusteiden tuloksiin (**Kuva 9**).

## 5 Tulokset

Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi ja tulkitaan haastatteluiden vastauksia teemoittain. Luvussa 5.1 käydään läpi haastateltavien vastauksia nykyisiin järvien säännöstelyihin liittyen. Luvussa 5.2 käsitellään ilmastonmuutoksen suoria ja epäsuoria vaikutuksia Savon vesistöillä vesivoimantuotannon näkökulmasta. Luvussa 5.3 tarkastellaan sidosryhmien ajatuksia siitä miten järvien säännöstelyä voitaisiin kehittää. Viimeiseen lukuun 5.4 on kerätty haastateltavien kokemuksia tiedottamisesta ja yhteistyöstä säännöstelyssä.

### 5.1 Nykysäännöstely

Nykyiset säännöstelyt toimivat haastateltavien mukaan kohtuullisen hyvin. Vesistöjen käyttäjät näyttäisivät olevan tottuneita nykyiseen tilanteeseen, koska säännöstelyä on toteutettu alueella jo pitkän aikaa.

*”[--] toiminta on jatkunut pitkään sillä alueella ja uskoisin että esimerkiksi alueen asukkaat ovat varsin tottuneita tähän tilanteeseen.”*

– **Haastateltava A**

*”Tähän nykytilaan ollaan käsittäkseni suhteellisen tyytyväisiä”*

– **Haastateltava G**

Neljässä haastattelussa nousi esille virkistyskäyttäjien näkemys. He näyttäisivät olevan taho, jonka odotukset säännöstelyille ovat tiukimpia. Tämä johtuu todennäköisesti virkistyskäyttäjien suuresta määrästä. Perinteisesti virkistyskäytölle aiheutuvat haitat ovatkin olleet yleisin syy säännöstelyjen kehittämishankkeiden aloittamiselle (Marttunen, 2005). Luvanhaltijat sekä viranomaiset ovat saaneet yhteydenottoja säännöstelyihin liittyen pitkälti virkistyskäyttäjiltä. Haittoja on haastatteluiden perusteella aiheutunut etenkin kevään vedenkorkeuksista, jotka johtuvat tarkoituksettoman myöhäisistä kevätkuopista.

Kevään vedenkorkeudet ovat myös maanviljelyn kannalta hankalimpia. Kevättulvat ovat aiheuttaneet haittoja peltojen kuivatukselle ja joissain tapauksissa myös kasvustolle. Viljelijät eivät haastattelun perusteella kuitenkaan koe, että säännöstelystä aiheutuisi merkittäviä haittoja heidän toiminnalleen. Sopeutumiskyky muutoksiin vedenkorkeuksissa näyttäisi olevan hyvä.

*”Kyllä se kevättulva on varmasti ollut se joka on eniten aiheuttanut ongelmia.”*

– **Haastateltava G**

*”Luulen että tämä maatalouden yrittäjäporukka ei hirveästi myöskään sitä veden säännöstelyä vastusta niin pahasti. Kyllä ne varmaan löytyy ihan muualta ne pahimmat vastustajat.”*

– **Haastateltava G**

Luvanhaltijoiden eli Pohjois-Savon ELY-keskuksen ja kahden alueella toimivan vesivoimayhtiön mukaan nykyisten säännöstelyjen suurin ongelma on kalenteriin sidottu kevätkuoppa. Voimayhtiöille on koitunut haittaa turhista ohijuoksutuksista ja viranomaiset on saanut valituksia virkistyskäyttäjiltä alhaisista vedenkorkeuksista keväällä. Jokivoimalaitoksilla on säännöstelyluvuissa ollut ongelmana myös pieni

vaihteluväli syksyllä ja talvella. Säännöstelyluparajoissa on ollut vaikea pysyä, kun virtaamat ovat kohonneet tulvatasolle syksyllä tai talvella. Tähän mennessä voimayhtiöt ovat pystyneet sopeutumaan muuttuviin olosuhteisiin nykyisten säännöstelylupien rajoissa.

*“Kevätkuoppa on ollut aikalailla turha, mutta pakko se on tehdä ..”*

– **Haastateltava A**

*“Säännöstelyluvan kevätmonttu on niin myöhään siellä, että kesä on aikaistunut niin paljon, tänäkin vuonna se on monta viikkoa aikaisessa, niin me joudutaan ohijuoksuttamaan turhaan siellä.”*

– **Haastateltava F**

*“Usein ne [säännöstelyluvat] saattaa olla vähän vaikeita sillä tavalla, että ne on kalenteriin sidottuja”*

– **Haastateltava E**

Säännöstelystä aiheutuu haastatteluiden mukaan merkittävimmät haitat kalastolle. Padoista aiheutuu suurimmat vahingot muun muassa nousuesteiden ja lisääntymispaikkojen häviämisen muodossa. Nykyisiä luvanhaltijoille asetettuja kalatalousvelvoitteita pidetään riittämättöminä kattamaan aiheutettuja vahinkoja.

*“Säännöstelystä aiheutuu haittaa paikallisille virkistyskäyttäjille ja jossain määrin myös kalakannalle ja vedenlaadulle”*

– **Haastateltava C**

*”[--] velvoitteet on pääasiassa haittoihin nähden alamitoitettuja. Sen aikainen vesioikeuskäytäntö sotien jälkeen 1950 - 60 luvulla oli toisenlaista.”*

– **Haastateltava B**

*”Mielestäni kalaistutukset ei korvaa niitä haittoja, jota tämä säännöstely aiheuttaa.”*

– **Haastateltava D**

Syvärillä nykyisestä säännöstelystä kalastolle aiheutuvat haitat nousivat esille sekä kalastusalueenviranomaisen sekä Nilsin kalastusalueen hallituksen jäsenen haastattelussa. Ongelmallisiksi nähdään säännöstelyn suuri vaihteluväli ja sen mahdollistamat kevättalven alhaiset vedenkorkeudet, joista koituu vahinkoa mateen ja hauen kudulle. Syvärin velvoiteistutuksia pidetään alimitoitettuina säännöstelyn aiheuttamiin haittoihin verrattuna.

*“[--] ongelma on [Syvärillä] lähinnä siinä alarajassa, että se vedetään liian alas.”*

– **Haastateltava D**

*“Säännöstelyn haitoista on aikaisemmin väännetty paljon esimerkiksi Syvärillä.”*

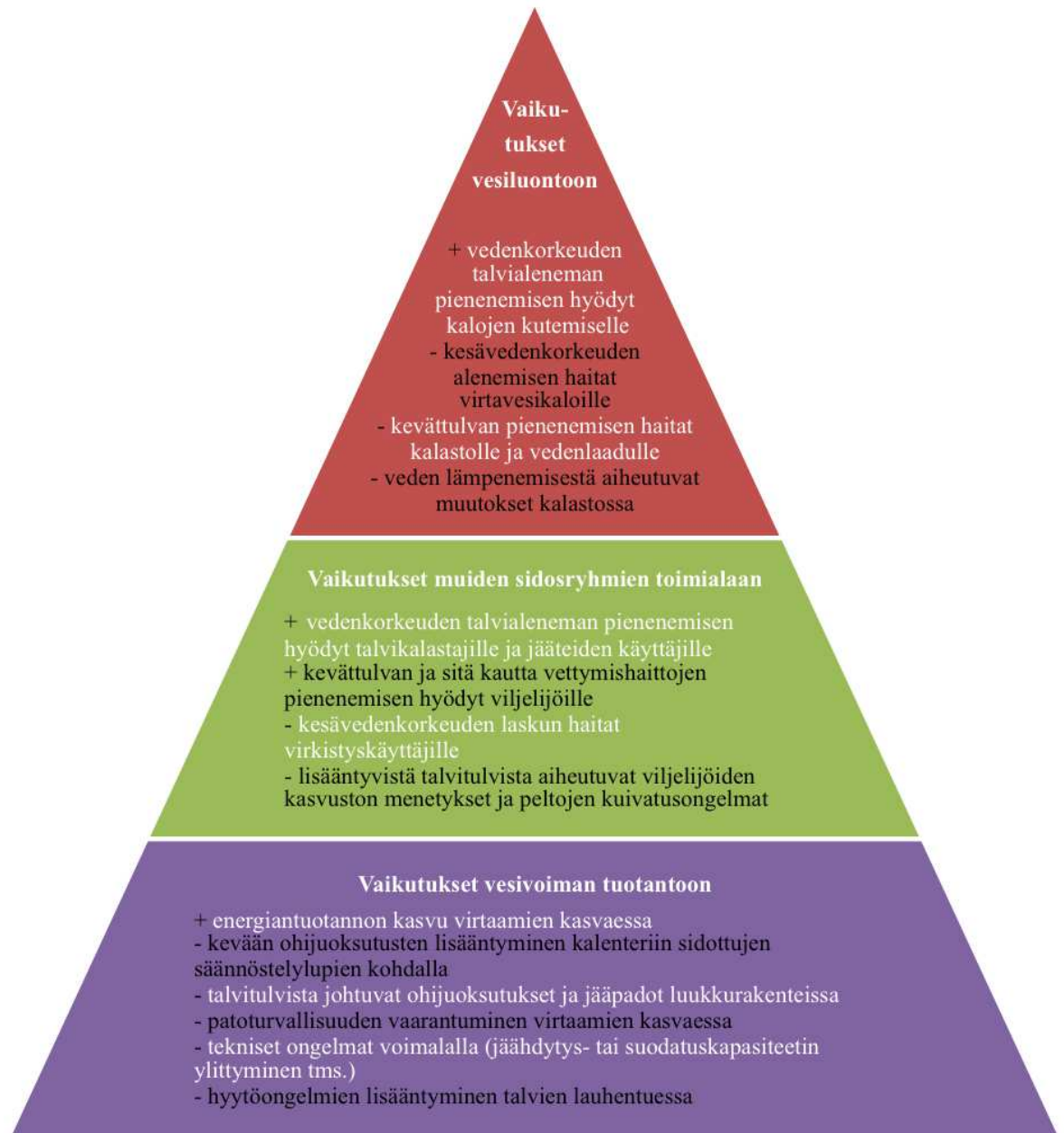
– **Haastateltava B**

## **5.2 Ilmastonmuutoksen vaikutus**

Haastatteluissa nousi esille lukuisia ilmastonmuutoksen hyödyllisiä sekä haitallisia järvien käyttäjiin sekä vesiluontoon kohdistuvia vaikutuksia. Vastaukset perustuvat haastateltavien asiantuntijatietoon sekä kokemukseen lauhemmista talvista, joita on esiintynyt 2010-luvulla.

**Kuvaan 11** on koottu haastatteluissa esille nousseita olennaisimpia ilmastonmuutoksen vaikutuksia. Kuvassa vaikutukset on jaettu vesivoiman tuotantoon, muihin järvien käyttäjiin sekä vesiluontoon kohdistuviksi. Näistä ensisijaisina voidaan pitää pyramidin alimman kerroksen vaikutuksia, joihin vesivoiman tuotannossa joudutaan sopeutumaan väistämättä. Kahden ylemmän kerroksen vaikutus vesivoiman tuotantoon on pitkälti riippuvainen vesilainsäädännöstä. Tuloksia tarkastellaan vesivoiman tuotannon toimintaympäristön näkökulmasta tarkemmin seuraavassa luvussa 6.





**Kuva 11** Haastatteluissa esille nousseita ilmastomuutoksen vaikutuksia Savon vesistöihin ja vesistön käyttäjiin.

### 5.3 Säännöstelyn kehittäminen

Kalatalousasiantuntijoiden mukaan ympäristövirtaamien palauttaminen vesivoimaloiden kuiviin uomiin olisi hyödyllistä kalastolle ja vesiluonnolle. He pitivät kuitenkin epätodennäköisenä, että virtaamia lisättäisiin kuivissa uomissa ilmastonmuutoksen myötä, koska kesävirtaamien on ennustettu pienenevän. Lisäksi viranomaisen mukaan vesilainsäädännössä ei ole keinoja, joilla voimayhtiöiltä voitaisiin velvoittaa palauttamaan ympäristövirtaamia.

*”Ehdottomasti on tärkeä asia, että se pitäisi saada että jos on kuivia niin ohjata myös vettä hieman sinne että se nimenomaan että kala pääsee nousemaan halutessaan.”*

– **Haastateltava D**

*”Se olisi kohtuullista että jos yhteiskunta osallistuu haittojen korjaamiseen mitä nämä padot aiheuttaa niin vähintä millä voimayhtiö voi tulla vastaa on antaa virtaama näihin kalateihin.”*

– **Haastateltava B**

*”[--] ympäristövirtaama on sellainen että sitä hirveästi tutkitaan mutta lainsäädännössä ei oikein toistaiseksi ole mitään keinoja, jolla sitä voitaisiin ainakaan pakottaa sitä sinne.”*

– **Haastateltava A**

Lisääntyvien talvitulvien ehkäisemiseksi esitettiin, että syksyn ja talven vedenkorkeuksia laskettaisiin aikaisemmasta, jotta tulovirtaamien kasvaessa järvestä olisi tilaa. Vedenkorkeuksia voitaisiin laskea perustuen ennusteisiin vesitilanteesta. Vettymishaittojen ja ohijuoksutusten välttämisen lisäksi nähtiin talvitulviin varautumisesta vedenkorkeuksien laskemisella olevan hyötyä myös virtavesikaloille, joiden kuolleisuus kasvaa suurilla talvivirtaamilla, kun suojapaikkoja on vähän tarjolla ja hyyderiski kasvaa.

*”Pitämällä vedenpintaa vähän alempana on sitten varaa, jos tulovirtaamat kasvaa.”*

– **Haastateltava A**

*”Virtavesikaloillehan se [talvitulva] on äärimmäisen rankkaa, kun vesi on muutenkin kylmää ja sitten tulee suuret virtaamat niin kaloilla ei ole oikeastaan suojaa mistään.”*

– **Haastateltava B**

Kevään vedenkorkeuksia haluttaisiin nostaa, jotta voitaisiin välttää kaloille aiheutuvia haittoja säännöstelystä. Etenkin Syvärillä, jossa vedenkorkeuden vaihteluväli on tällä hetkellä suuri, tämä koettiin tarpeelliseksi. Voimayhtiöiltä toivottiin lisää yhteistyöhalukkuutta kalataloushankkeissa.

*” [--] keväällä menee se vesi alas niin kyllä siitä sitten ongelmia muodostuu.”*

– **Haastateltava E**

*”Alaraja tulisi nostaa [Syvärillä keväällä] jopa niin radikaalisti että metrillä.”*

– **Haastateltava D**

Luvanhaltijoiden mukaan järviä tulisi jatkossa säännöstellä enemmän vesiolosuhteiden mukaisesti. Aikaisempaa enemmän koetaan olevan tarvetta esimerkiksi lumen vesiarvoon perustuville vesitilanteen ennusteille. Näin halutaan varautua ilmastonmuutoksen tuomaan epävarmuuteen. Etenkin kevään lumen sulamistulvan pienentämiseen tarkoitettua kevätkuoppa haluttaisiin ajoittaa kalenterista piittaamatta. Jokilaitosten osalta toivottaisiin sallitun vedenkorkeuden vaihteluvälin suurentamista, jotta talvitulviin voitaisiin varautua paremmin.

Tähän saakka voimayhtiöt ovat sopeuttaneet tuotantoaan harjoittelemalla muuttuviin olosuhteisiin soveltuvampia säännöstelykäytäntöjä. Säännöstelylupiin ei ole toistaiseksi lähdetty hakemaan muutoksia. Tilannetta on kuitenkin seurattu tarkasti teettämällä ja seuraamalla selvityksiä.

*”Kyllä säännöstelyä tulisi muuttaa nimenomaan tästä kalenterisidonnaisuudesta niissä vesipintarajoissa tulisi luopua ja enemmänkin muuttaa sitä siihen sulamisen suuntaan.”*

– **Haastateltava E**

*”Jos on joustava lupa niin on helppo tähän asiaan sopeutuakin.”*

– **Haastateltava F**

*”Nämä tarkat säännöstelyrajat kyllä vaikuttaa sitten myös että niitä on hankalaa toteuttaa aina kaikkien osapuolten kannalta hyödyttävällä tavalla.”*

– **Haastateltava B**

*”Onneksi tämä [ilmastonmuutos] on kuitenkin sen verran hidas ilmiö, että kyllä tässä ollaan vielä mukana pysytty.”*

– **Haastateltava F**

Lupien muuttamisesta joustavammaksi kevätkuopan osalta nähdään koituvan hyötyä luvanhaltijan lisäksi vesiluonnolle. Ohijuokсутusten vähentymisen nähdään vähentävän rantaeroosiota sekä vaikuttavan positiivisesti kevätkutuisten kalojen poikastuotantoon. Myös kevättulvien suurenemisen kautta olisi joustavammasta luvasta hyötyä vesiluonnolle. Toisaalta kevättulvasta ja vedenkorkeuden vaihtelusta aiheutuisi haittaa virkistyskäyttäjille.

*”Vielä enemmän se [luvan muuttaminen] minun mielestä vaikuttaa sinne luontoon”*

– **Haastateltava E**

*”[--] siitä kevätkuopasta on tietysti luonnontaloudelle haittaa varsinkin matalilla järvillä.”*

– **Haastateltava A**

Käytännöt säännöstelylupien muuttamiseksi ilmastonmuutokseen soveltuvimmiksi olivat haastateltavien mielestä epäselvät. Viranomaisen ja ympäristöasiantuntijan

mielestä voimayhtiöiden tulisi olla oma-aloitteisia, jos tarvetta lupamuutokselle ilmenee säännöstelyn käytössä tai esimerkiksi vedenlaatu seurannoissa.

*” -- aina ei tarvitse odottaa sitä, että viranomaiselta tulee se vaatimus, että täytyy lähteä hakemaan tai tarkistamaan lupia.”*

*– Haastateltava C*

*”Olettaisin, että suurissa osassa tapauksia se luonteva taho olisi se luvanhaltija olisi se taho, joka lähtisi sitä lupaa hakemaan.”*

*– Haastateltava A*

Voimayhtiöt itse eivät mielellään lähtisi muuttamaan nykyisiä säännöstelylupia ennen kuin uusien lupamääräyksien vaikutuksista vesivoiman tuotantoon saataisiin enemmän tietoa. Tästä syystä voimayhtiöt ovat olleet pidättyneempiä lupien muuttamisessa ja teettäneet selvityksiä lupamuutoksen vaikutuksista.

*”Vesilupaa ei mielellään haluttaisi aukaista, koska vanhat luvat on tänä päivänä varmaankin oletettavasti yhtiölle suotuisampia kuin uudet luvat”*

*– Haastateltava F*

*”Jos lähdetään lupamuutosprosessiin niin sehän on haastava prosessi ja se on tällainen toiveiden tynnyrin avaaminen. Siellä ei koskaan voi tietää mitä vaatimuksia ja mitä sinne tulee.”*

*– Haastateltava E*

## 5.4 Tiedottaminen ja yhteistyö

Haastateltavat kokivat, että yhteistyö säännöstelystä kiinnostuneiden sidosryhmien välillä on tällä hetkellä toimivaa. Tilanne on muuttunut parempaan suuntaan aikaisemmasta, jolloin voimayhtiöiden rooli koettiin liian vahvaksi etenkin kalataloushankkeita ja velvoite istutuksia suunniteltaessa.

*“Kyllä mielestäni tieto on kulkenut hyvin.”*

– **Haastateltava C**

*“Ilmapiiri on muuttunut paljon ja keskustelu paljon paremmaksi. Silloin joskus kymmeniä vuosia sitten oltiin ehkä hyvinkin tiukkoja näissä puolin ja toisin.”*

– **Haastateltava B**

*“Joo kyllä tuo yhteistyö sidosryhmien ja viranomaisten kanssa on lisääntynyt ja parantunut sillä tavalla vuosien aikana, että sitä yhteistyötä on enemmän”*

– **Haastateltava E**

*“Voimayhtiö on kyllä mielestäni aika hyvin saanut puolestaan saanut pidettyä kun näitä [virtaamia kalateihin] on aikoinaan kirjattu.”*

– **Haastateltava D**

Haastateltavat toivoivat, että kaikilla sidosryhmillä olisi mahdollisuus tuoda mielipiteensä esiin ja omalta osaltaan vaikuttaa säännöstelyjen ilmastonmuutoksen sopeuttamiseen. Yhteistyökäytännöt säännöstelyjen sopeuttamisessa ja kunkin sidosryhmän rooli nähtiin kuitenkin epäselväksi. Viranomaisilta toivottiin tietoa säännöstelymuutoksien vaikutuksista omaan toimintaan. Kuntien rantarakentamisesta ja rakennusluvista vastaavien toimihenkilöiden kanssa toivottiin enemmän yhteistyötä säännöstelyihin liittyen.

*“Se voi olla aika monimutkainen kysymys, että kuka lähtee hakemaan ja minkälaisilla ehdoilla niitä lupamuutoksia.”*

– **Haastateltava A**

*“yleistä tiedottamista siitä missä säännöstelyn muutokset vaikuttaa vedenkorkeuteen.”*

– **Haastateltava G**

*“Tiedon tulisi lisääntyä kunnan puolella. Jollakin tavalla sen ympäristö- ja kaavoituspuolen yhteistyön rantarakentamisessa pitäisi lisääntyä.”*

– **Haastateltava E**

## 6 Tulosten tarkastelu

Ilmastonmuutoksen vaikutus vesivoiman tuotantoon on pitkälti riippuvainen nykyisistä säännöstelyluvista sekä niitä koskevasta lainsäädännöstä. Mikäli säännöstelyrajoja voidaan noudattaa myös vedenkorkeuksien ja virtaamien muuttuessa, voidaan sopeutuminen toteuttaa muuttamalla säännöstelykäytäntöä. Tällöin tulee tietysti huomioida, että merkittävää vaaraa tai vahinkoa yksityiselle tai yleiselle edulle ei aiheudu (VL 3 luku 21 §:n 1 momentti kohta 4). Toisaalta jos nykyinen säännöstelylupa ei sovellu uusiin olosuhteisiin, joudutaan lupamääräyksiä lähteä muuttamaan. Tällöin vesivoiman tuotannon toimintaympäristöön vaikuttavat kaikkien vesistönkäyttäjien säännöstelyyn kohdistuvien odotuksien ja tavoitteiden lisäksi sitä koskeva lainsäädäntö. Voimayhtiöiden näkökulmasta toimintaympäristöä vakauttaa se, että lupamääräysten tarkistaminen vesilain nojalla ei saa sanottavasti heikentää säännöstelyhankkeesta saatavaa hyötyä.

Kysymys kuuluukin milloin säännöstelystä aiheutuvat haitat arvioidaan *merkittäväksi* ja milloin lupamääräysten tarkistaminen *sanottavasti* heikentää hankkeesta saatavaa hyötyä. Ennakkotapauksia, jossa vesivoiman tuotannolle olisi aiheutunut edunmenetyksiä lupamääräysten tarkistamisesta ei ole, mutta seuraavassa luvussa 6.1 pyritään sidosryhmä haastatteluiden tuloksien ja Savon Voiman säännöstelemille vesistöille tehtyjen ilmastonmuutostarkastelujen perusteella arvioimaan aiheutuuko ilmastonmuutoksen seurauksena säännöstelystä merkittäviä vahinkoja muille sidosryhmille tai vesiluonnolle. Alaluvussa 6.2 arvioidaan haastattelututkimuksen luotettavuutta. Alaluku 6.3 käsittelee ilmastoennusteisiin liittyvää epävarmuutta. Viimeisessä alaluvussa 6.4 arvioidaan tutkimuksen toteutusta kriittisesti ja esitetään ehdotuksia jatkotutkimuksille.

### 6.1 Ilmastonmuutoksen vaikutus vesivoiman tuotannon toimintaympäristöön

Neljässä haastattelussa nousi esille vesivoiman tuotannosta aiheutuvat haitat kalastolle. Padotuksen koettiin aiheuttavan eniten haittaa, mutta se ei ole ilmastonmuutoksesta aiheutuvaa. Virtavesikaloille voisi aiheutua ilmastonmuutoksesta haittaa, kun kesävirtaamaamien ennustetaan keskimääräisesti pienentyvät kaikilla mallinnetuilla järvillä noin viides osalla. Myös kasvavat talvivirtaamat lumien sulaessa entistä aikaisemmin (Jakkila ym., 2014) aiheuttavat virtavesikaloille ongelmia. Talvella suojapaikat ovat vähissä ja virtaamien kasvaessa hyyteen ja siitä aiheutuvien ongelmien riski lisääntyy.

Toisaalta kevään virtaamien pienentyessä (Jakkila ym., 2014) ei ole enää tarvetta laskea vedenpintaa yhtä alhaiselle tasolle kuin aikaisemmin. Kevättalven vedenkorkeuden alenemasta (Jakkila ym., 2014) aiheutuu haittaa etenkin kevätkutuisten kalojen kutemiselle. Kaikilla järvillä, joille ilmastonmuutostarkastelu on tehty, vedenkorkeuden alenema talvella sekä vedenkorkeuden lasku hauen kutuaikana pienenee (**Error! Reference source not found.**). Tämä helpottaa tilannetta etenkin Syvärillä, jossa suuresta vaihteluvälistä johtuen on aiheutunut haittaa hauen ja mateen kutemiselle. Haastatteluiden mukaan vedenkorkeudet ovat havaittavastikin olleet kevätkutuisten kalojen kannalta suotuisammalla tasolla edellisinä vuosina. Hauen kutemiselle voi aiheutua haittaa ilmastonmuutoksesta Sälevällä ja Kiltuanjärvellä, jossa veden minimisyvyyden arvioidaan laskevan hauen kutuaikana (Jakkila ym., 2014). Lisäksi lintujen pesintä voi häiriintyä näillä järvillä, koska vedenpintojen ennustetaan nousevan lintujen pesintäaikaan aikaisempaa enemmän. Jakkila ym. (2014) arvioivat nämä

vaikutukset ”melko suuriksi”. Haastatteluissa ei linnuille aiheutuvia haittoja noussut esille.

Kaloille tulee väistämättä aiheutumaan haittaa säännöstelystä, riippumatta säännöstelläänkö järveä totutusti vai ilmastonmuutokseen sopeutuen. On haastavaa sanoa, minkälaisella säännöstelykäytännöllä kalastolle aiheutuvat haitat saataisiin minimoitua. Näyttäisi kuitenkin siltä, että seuraavina vuosikymmeninä nykyisellä säännöstelyllä ei aiheutettaisi vesiluonnolle merkittäviä lisävahinkoja (luku 3.3.1). Haastatteluiden perusteella säännöstelylupamääräysten muuttaminen kevätkuopan osalta juostavammaksi vaikuttaisi kuitenkin positiivisesti vesiluontoon eroosion vähentyessä, kevätkutuisten kalojen lisääntymisen helpottuessa ja kevättulvan kasvaessa.

Savon Voiman säännöstelemät vesistöt ovat virkistyskäytöllisesti tärkeitä suurelle joukolle ihmisiä. Haastatteluiden perusteella virkistyskäyttäjien säännöstelyyn kohdistuvat odotukset ovat sidosryhmistä suurimmat. Hyvä veden laatu ja vähäinen vedenkorkeuden vaihtelu kesällä ovat heille tärkeitä tavoitteita. Virkistyskäyttäjät ovat olleet tyytyväisiä nykyiseen vakiintuneeseen tilanteeseen. Ilmastonmuutoksen vaikutus virkistyskäyttöön on Jakkilan ym. (2014) selvityksen mukaan positiivinen. Kaikilla mallinnetuilla järvillä vedenkorkeus pysyy ilmastonmuutoksen myötä nykyisellä säännöstelyllä virkistyskäytön kannalta hyvällä tasolla hieman entistä useammin vuosijaksolla 2010–2039.

Myös alueen viljelijät ovat tyytyväisiä nykyiseen tilanteeseen. He eivät koe, että säännöstelystä aiheutuisi heidän toiminnalleen merkittäviä haittoja. Heillä ei näyttäisi myöskään olevan yhtä suuria odotuksia säännöstelylle kuin virkistyskäyttäjillä. Maatalousviranomaisen merkitys säännöstelyjen kehittämishankkeissa on myös Marttusen (2005) alueellisille ympäristökeskuksille laadittun kyselyn perusteella ollut hyvin pientä. Ilmastonmuutoksen myötä pienenevät kevättulvat (Jakkila ym., 2014) voisivat vaikuttaa positiivisesti viljelijöiden toimintaan vähentämällä aiheutuneita vettymishaittoja. Toisaalta lisääntyvistä talvitulvista (Jakkila ym., 2014) voisi aiheutua vahinkoa viljelykauden ulkopuolella muun muassa peltojen kuivatukselle. Talvitulvat ovat kuitenkin enemmän poikkeuksellisista sääoloista kuin säännöstelystä riippuvaisia, joten ne tuskin aiheuttavat tiukkoja odotuksia vesivoiman tuotannolle. On myös voimayhtiön edunmukaista välttää talvitulvasta aiheutuvia ohijuoksutuksia.

Vesivoiman tuotannon kannalta oleellista on tuleeko säännöstelylupia muuttaa ilmastonmuutoksen myötä. Savon Voiman säännöstelemistä vesistöistä suurimmalla osalla pakottavaa tarvetta luvan muuttamiselle ei ole. Laakajärvellä, Kiltuanjärvellä, Sälevällä, Maavedellä, Syvärillä sekä Vuotjärvellä nykyisten säännöstelylupien mukaiset säännöstelyohjeet toimivat kohtuullisen hyvin vuosijaksolla 2010–2039, vaikka niissä kevätkuoppa vaaditaankin tekemään (Jakkila ym., 2014). Vuotjärveen virtaamat kasvavat poikkeuksellisen paljon, joka saattaa lisätä ohijuoksutuksia samalla ajanjaksolla (Jakkila ym., 2014). Kevätkuopan aikaistamisesta ja loiventamisesta olisi hyötyä sekä vesiluonnolle että voimayhtiölle. Lönqvist (2016) tarkastelee sopeutumiskeinoja Savon Voiman vesivoiman tuotannossa tarkemmin.

Salahmillä, Sorsavedellä, Karjalankosken altaalla, Korpisella sekä Jokijärvellä joustavat luvat mahdollistavat säännöstelyjen sopeuttamisen muuttuviin olosuhteisiin pidempäänkin (Dubrovin, 2015). Isolla ja Pienellä Vehkalahdella säännöstelyluparajojen noudattaminen voi olla hankalaa ilmaston muuttuessa. Ongelmia

voi tulla kevätalennuksen toteuttamisessa ja kesävedenkorkeuden saavuttamisessa johtuen pakollisesta kalenteriin sidotusta kevätkuopasta ja pienestä sallitusta vedenkorkeuden vaihteluvälistä. Dubrovin (2015) arvioi, että lupamääräysten tarkistaminen tulee ajankohtaiseksi Vehkalahdilla 2020–2030.

Tällä hetkellä voimayhtiöt suhtautuvat varautuneesti säännöstelylupien tarkistamiselle, koska vielä ei tiedetä miten uudistetut lupamääräykset voisivat vaikuttaa vesivoiman tuotantoon. Pelkona on, että muiden sidosryhmien toiveiden kautta lupia muutettaisiin epäsuotuisammiksi voimayhtiölle. Savon Voimalla ei kuitenkaan ole lähitulevaisuudessa pakottavaa tarvetta lähteä tarkistamaan lupiaan eikä sidosryhmähaastatteluiden ja ilmastomuutostarkasteluiden perusteella ilmastomuutokseen sopeutuminen aiheuta merkittäviä lisähaittoja muille sidosryhmille tai vesiluonnolle. Virkistyskäyttäjien, maanviljelijöiden ja kalastajien säännöstelylle asettamat tavoitteet eivät suurilta osin näyttäisi olevan ristiriidassa voimayhtiön tavoitteiden kanssa.

Ilmastomuutokseen tulee tästä huolimatta sopeutua muuttamalla säännöstelykäytäntöjä muuttuviin olosuhteisiin paremmin soveltuviksi. Haastatteluissa esille nousi ehdotus syksyn ja talven vedenkorkeuksien alentamisesta, jotta talvitulvilta välttyttäisiin. Talvivedenkorkeuksien alentaminen tulee kyseeseen etenkin Vuotjärvellä, jossa ohijuoksutukset Karjalankoskella ja Juankoskella voisivat lisääntyä talvivirtaamien kasvaessa (Jakkila ym., 2014). Haastatteluissa luvanhaltijat korostivat vesitilanne-ennusteisiin perustuvan ennakoivan säännöstelyn merkitystä tulevaisuudessa. Samoihin johtopäätöksiin päätyi myös ilmastomuutoksen vaikutusta vesivaroihin ja muutoksiin sopeutumista Suomen mittakaavassa tarkastellut Wateradapt-hanke (Veijalainen ym., 2012b).

## **6.2 Haastatteluiden luotettavuus**

Tässä tutkimuksessa haastatteluaineistoa pidetään enemmän tai vähemmän rehellisenä, objektiivisena ja tarkkana kuvauksena todellisuudesta. Tutkimuksessa sovelletaan siis todistusnäkökulmaa (Alasuutari, 1999). Haastateltaville annettiin avoimesti tietoa tutkimuksen kulusta ja tarkoituksesta, jonka toivottiin lisäävän haastateltavien luottamusta ja rehellisyyttä (Berg, 1989).

Teemat esiteltiin ennen haastattelujen alkua. On mahdollista, että haastateltavat eivät ole muistaneet kertoa kaikkea aiheeseen liittyvää. Riskiä tähän on voinut lisätä se, että haastateltaville ei annettu mahdollisuutta perehtyä teemoihin etukäteen (Tuomi & Sarajarvi 2003). Lisäkysymyksillä pyrittiin varmistamaan se, että kaikki aiheen kannalta oleelliset ajatukset tulisivat mukaan aineistoon. Luotettavuus on kuitenkin voinut heikentyä, jos lisäkysymysten esittäminen on ohjannut haastateltavien ajattelua ja vähentänyt spontaanimpaa tiedon esille tuloa (Hirsjärvi & Hurme, 2001). Haastatteluissa käytiin läpi kaikki haastattelurungon teemat. Nauhoitusten laatu oli erinomainen ja haastateltavien puhe selvää. Litteroinnit saatiin tehtyä tarkasti eikä tilaa tulkitsemiselle jäänyt.

Tutkimuksen reliabiliteettiä eli pysyvyyttä on pyritty lisäämään varmistamalla se, että lukija pystyy seuraamaan tutkimusprosessia. Tästä syystä tutkimuksen toteutuksen kaikki vaiheet haastattelukysymysten suunnittelusta, haastateltavien valinnasta, haastattelujen suorittamisesta ja analysoinnista on pyritty dokumentoimaan mahdollisimman selkeästi (Kananen, 2014). Tulosten tulkintaa on tuettu esittämällä tuloksissa olennaisimpia lainauksia haastatteluista.



Reliabiliteettiä voi heikentää tutkijan subjektiivisuus aineiston analyysissä käytettyjä teemoja valitessa. Analyysissä käytetyt teemat ovat yhtä teemaa (säännöstelyn kehittäminen) lukuunottamatta samat kuin haastatteluiden teemat. Analyysissä kuitenkin nähtiin tarpeelliseksi jakaa säännöstelyiden kehittämistä koskevat vastaukset omaksi teemakseen.

### **6.3 Epävarmuudet ilmastoennusteissa**

Ilmastonmuutoksen vaikutusta hydrologiaan arvioitaessa epävarmuudet ovat suuria. Vedenkorkeus- ja virtaamaennusteiden aikaansaamiseksi tarvitaan pitkä prosessi, jonka jokaiseen vaiheeseen sisältyy epävarmuutta. Näitä ovat muun muassa päästöskenaariot, ilmastomalli sekä hydrologinen malli (Veijalainen ym., 2010). Kumuloituessaan epävarmuudet kasvavat hyvinkin suuriksi. Useiden tutkimusten (Kay ym., 2009; Prudhomme ja Davies, 2009) mukaan globaaleista ilmastomalleista (GCM) aiheutuu suurimmat epävarmuudet tässä ketjussa. Tästä syystä on suositeltavaa käyttää useampia globaaleja ilmastomalleja.

Tämän työn ilmastonmuutostarkasteluissa on käytetty 19 globaalin ilmastomallin keskiarvoskenaariota (Jakkila ym., 2014). Jokainen näistä malleista pystyy tuottamaan kohtalaisen hyvin Suomen nykyisen ilmaston referenssijaksolla (Veijalainen, 2012a). Tässä työssä ei ole tarkasteltu eri ilmastoskenaarioiden välisiä eroja vedenkorkeuksissa tai virtaamissa, koska näitä aineistoja ei ollut saatavilla. Muutoksen suunta on kuitenkin samankaltainen kaikissa ilmastoskenaarioissa. Tämän työn kannalta ilmastonmuutoksen vaikutus tulviin ja kuivuuksiin, joita oltaisiin paremmin voitu kuvata ääriskenaarioilla, ei ollut oleellinen.

Tuloksiin vaikuttaa myös menetelmä, jolla ilmastomallin tuloksia siirretään hydrologiseen malliin. Jakkilan ym. (2014) selvityksessä on käytetty *delta change* -menetelmää, jossa ilmastonmuutos otetaan huomioon muuttamalla hydrologisen mallin havaintojen perusteella laskettuja aluelämpötiloja ja -sadantoja ilmastoskenaarion mukaisesti. Ilmastoskenaarioissa lämpötilan (°C) ja sadannan (mm) muutos lasketaan kullekin kuukaudelle.

Muita epävarmuuksien lähteitä ovat muun muassa luonnollinen vaihtelu sekä valittu referenssijakso. Tässä työssä käytetyissä aineistossa referenssijaksena on käytetty vuosia 1971–2000. Referenssijakson aikana tapahtuneet poikkeukselliset tulvat tai kuivuudet vaikuttavat omalta osaltaan tuloksiin. Referenssijakson valinnasta aiheutuvan epävarmuuden mittaamiseksi tulisi kohdejärviä mallintaa hydrologisesti useammalla eri referenssijaksolla. Tämän työn järville tarkastelua ei ole tehty Jakkilan ym. (2014) selvityksessä eikä se ollut tämän työn puitteissa mahdollista.

### **6.4 Parannusehdotukset ja jatkotutkimus**

Tutkimuksen aihe oli haastava haastateltaville. Perinteisesti haastatteluilla pyritään kuulemaan haastateltavan kokemuksia tutkittavasta ilmiöstä. Tässä tutkimuksessa katse on selvästi tulevaisuuteen, kun halutaan kartoittaa sidosryhmien odotuksia ja tavoitteita säännöstelylle. Haastateltavilla ei siis vielä ole kokemuksia siitä miten ilmastonmuutos vaikuttaa säännöstelyiden kautta heidän toimintaansa. Useissa haastatteluissa käytettiin esimerkkeinä ilmastonmuutoksen vaikutuksesta lähimenneisyyden lauhempia talvia, joiden odotetaan yleistyvän tulevaisuudessa. Tätä kautta päästiin paremmin käsiksi haastateltavan näkemyksiin ilmastonmuutoksesta.

Tutkimusalueen laajuus aiheutti myös haasteita. Kun haastattelut eivät kohdistuneet yksittäiseen järveen ja ilmastonmuutoksen vaikutukseen kyseisen järven vedenkorkeuksiin, oli aihe varmasti monen haastateltavan mielestä haastava. Tutkimuksen tavoite oli kuitenkin ennakoivasti kartoittaa sidosryhmien vesivoimaan kohdistuvia odotuksia, joten aiheen rajaus oli toimiva. Vesistökohtainen ilmastonmuutoksen vaikutusten sidosryhmien kannalta arviointi on tarpeellista, jos lupamääräyksiä lähdetään tarkistamaan.

Vaikka tässä tutkimuksessa ei haastateltukaan virkistyskäyttäjiä, tuli heidän kokemuksiin mukaan muiden haastatteluiden kautta. Pohjois-Savon ELY-keskuksen mukaan säännöstelyiden tilanne on vakiintunut ja järvien virkistyskäyttäjät ovat tottuneita tilanteeseen eikä ilmastonmuutos näyttäisi Jakkilan ym. (2014) selvityksen mukaan vähentävän virkistyskäytön kannalta hyvien päivien lukumäärää. Erityistä tarvetta kartoittaa virkistyskäyttäjien odotuksia säännöstelylle ei siis tässä tutkimuksessa noussut esille.

Toistaiseksi ilmastonmuutostarkasteluja ei ole tehty Savon Voiman säännöstelemistä vesistöistä Sorsavedellä, Salahmilla, Jokijärvellä, Vehkalahdilla sekä Maavedellä. Näistä Vehkalahtien ja Maaveden säännöstelylupien kevätkuopat ovat ongelmallisia ilmastonmuutoksen kannalta. Ilmastonmuutostarkasteluiden ja REGCEL -analyysin toteuttaminen näille vesistöille olisi perusteltua säännöstelykäytännön kehittämistarpeiden ja mahdollisuuksien arvioimiseksi.

Tämän tutkimuksen ulkopuolelle jätetyillä ilmastonmuutoksen epäsuorilla vaikutuksilla veden laatuun ja vesiluontoon voi olla vaikutuksia vesivoiman tuotannon toimintaympäristöön tulevaisuudessa. Tässä tutkimuksessa esille nousivat ilmastonmuutoksen moninaiset vaikutukset kalastoon, joiden huomioiminen säännöstelyssä on haastavaa. Säännösteltyjen vesistöjen tilan kehittymistä tulisi seurata jatkossa mahdollisimman tarkasti.

## 7 Johtopäätökset

Ilmastomuutoksen aiheuttama syys- ja talvivirtaamien kasvu sekä kevään virtaamahuipun aikaistuminen ja pienentyminen aiheuttavat haasteita vesistöjen säännöstelylle. Säännöstely nykyisillä luvilla tulee useissa tapauksissa ongelmalliseksi, koska ne perustuvat lupien myöntämistä edeltäneisiin hydrologisiin olosuhteisiin. Tämän työn tavoitteena oli selvittää millaisia vaikutuksia ilmastomuutoksella on Savon Voiman vesivoiman tuotannon toimintaympäristöön lähitulevaisuudessa. Työssä kartoitettiin järvien säännöstelyn sidosryhmien vesivoiman tuotantoon seuraavina vuosikymmeninä kohdistuvia odotuksia.

Työssä tehtiin kirjallisuuskatsaus alueelle laadittuihin ilmastomuutostarkasteluihin, jotka tarkastelivat hydrologisia vaikutuksia sekä säännöstelyjen sopeutumistarvetta. Työn empiirisen osan aineisto kerättiin haastattelemalla Savon maakuntien alueelta seitsemää järvien säännöstelystä kiinnostuneiden sidosryhmien edustajaa. Haastatteluaineistoa peilattiin tausta-aineistoon sopeutumistarpeen jatko-arvioimiseksi.

Tulosten perusteella kaikilla tarkasteltavilla järvillä säännösteleminen aiheuttamatta merkittäviä lisävahinkoja muille sidosryhmille tai vesiluonnolle on mahdollista nykyisten luparajojen puitteissa vielä lähitulevaisuudessa. Alueen virkistyskäyttäjien säännöstelyyn kohdistuvat odotukset ovat suurimmat johtuen todennäköisesti heidän suuresta lukumäärästään. Heidän tavoitteissaan ovat mahdollisimman vakaat kesävedenkorkeudet, johon ilmastomuutoksella näyttäisi olevan positiivinen vaikutus. Alueen maanviljelijöillä ei haastatteluiden perusteella ole ongelmia nykyisen säännöstelyn kanssa ja he vaikuttaisivat olevan valmiita sopeutumaan. Keskimääräisiä vedenkorkeuksia tarkastelleiden hydrologisten ennustemallien perusteella tulvavedenkorkeudet eivät lisäänty alueella. Säännöstely aiheuttaa haastatteluiden perusteella suurimmat vahingot kalastolle. Etenkin suuret vedenkorkeuden talvialenemat ovat aiheuttaneet ongelmia. Ilmastomuutostarkasteluiden perusteella talvialenemat kuitenkin pienenevät, joka helpottaa tilannetta.

Säännöstelylupamääräysten tarkistaminen tulee ajankohtaiseksi ensimmäisenä järvillä, joiden luvassa vaaditaan laskemaan vedenkorkeus keväällä kalenteriin sidotusti. Tarkastelluista järvistä Laakajärven, Kiltuanjärven, Vehkalahtien sekä Maaveden lupien tarkistaminen on ajankohtaista viimeistään 2030-luvulla. Kevätkuopan loiventamisella ja aikaistamisella olisi kuitenkin potentiaalisia kaikkia sidosryhmiä sekä vesiluonnon tilaa hyödyntäviä mahdollisuuksia, kuten ohijuoksutusten, rantaeroosion ja haitallisten kalastovaikutusten väheneminen.

Lupamääräysten tarkistaminen voimayhtiöiden aloitteesta on tällä hetkellä haasteellista. Vaikutukset vesivoiman tuotantoon ovat epäselviä, koska ennakkotapauksia lupamääräysten tarkistamisesta ei vielä ole. Toistaiseksi vaikutuksia rajoittaa vesilaki, jonka mukaan luvan tarkistaminen ei sanottavasti saa heikentää säännöstelyhankkeesta saatavaa hyötyä. Uusille käytännöille olisi tarvetta, jotta kevätkuoppien purkamisesta saatavat potentiaaliset hyödyt voisivat toteutua. Tämän tutkimuksen tarkastelutaso ei kuitenkaan riitä vesistökohtaisten säännöstelykäytännön kehittämistarpeiden ja mahdollisuuksien arviointiin.

Säännösteltäessä nykyisten luparajojen puitteissa on muuttuviin olosuhteisiin sopeuduttava käytäntöjä muuttamalla. Tässä vesitilanne-ennusteiden rooli tulee kasvamaan, jotta ilmastomuutoksen myötä lisääntyviin poikkeuksellisiin tilanteisiin voidaan varautua ajoissa. Jotta ilmastomuutoksen vaikeammin havaittavista

epäsuorista vaikutuksista pysyttäisiin ajantasalla, tulee järvien vesiluonnon ja veden laadun tilaa seurata myös jatkossa. Ilmastonmuutos ei tämän tutkimuksen perusteella heikennä Savon Voiman vesivoiman tuotannon toimintaympäristöä seuraavina vuosikymmeninä. Sen sijaan tuotantopotentiaalin ennustetaan kasvavan, mikä voidaan hyödyntää tuotantoa sopeuttamalla. Lönqvist (2016) tarkastelee tutkimuksessaan teknillistaloudellisia sopeutumiskeinoja sekä teknillistaloudellisia ratkaisuja. Vesivoiman tuotannon lisäämisellä voidaan vastata ilmastonmuutoksen myötä kasvavaan uusiutuvan ja säädettävän energiantuotannon kysyntään.

## Lähdeluettelo

Aaltonen, J., Hohti, H., Jylhä, K., Karvonen, T., Kilpeläinen, T., Koistinen, J., Kotro, J., Kuitunen, T., Ollila, M., Parvio, A., Pulkkinen, S., Silander, J., Tiihonen, T., Tuomenvirta, H. & Vajda, A. 2008. *Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU)*. Suomen ympäristö 31/2008, Luonnonvarat, 123 s. Suomen ympäristökeskus (SYKE).

Alasuutari, P. 1995. *Laadullinen tutkimus*. Vastapaino Oy & Gummerus Kirjapaino Oy. ISBN 951-768-055-4

Arnell, N.W. & Reynard, N.S. 1996. *The effects of climate change due to global warming on river flows in Great Britain*. Journal of Hydrology 183, 397–424.

Auerbach, C. F & Silverstein, C. 2003. *An Introduction to Coding and Analysis Qualitative Data*. New York University, New York.

Bates, B., Kundzewicz Z. & Wu S., Palutikof, J. (Eds.) 2008. Climate Change and Water. *Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.

Beniston, M., Stephenson, D.B., Christensen, O.B., Ferro, C.A.T., Frei, C., Goyette, S., Halsnaes, K., Holt, T., Jylhä, K., Koffi, B., Palutikof, J., Schöll, R., Semmler, T. & Woth, K., 2007. *Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections*. Clim. Change 81, 71–95.

Berg, B. 1989. *Qualitative Research Methods for the Social Sciences*. Boston: Allyn & Bacon.

Boorman D. & Sefton, C. 1997. *Recognising uncertainty in the quantification of the effects of climate change on hydrological response*. Climatic change 35, 415–434

Carter, T.R. 2007. *Assessing the adaptive capacity of the Finnish environment and society under a changing climate: FINADAPT – Summary for Policy Makers*. Finnish Environment Institute, Helsinki. 76 s.

Christensen, J. & Carter, T., Rummukainen, M. & Amanatidis, G. 2007. *Evaluating the performance and utility of regional climate models: the PRUDENCE project*. Climatic Change 81(Supplement 1):1–6.

Corbin J. & Strauss A. 2008. *Basics of Qualitative Research*. Sage Publication, Los Angeles.

Dubrovin, T. 2015. *Sopeutumistarve ilmastonmuutokseen vesistöjen säännöstelyssä*. Suomen ympäristökeskus 13 s.

Euroopan komissio. 2014. *Ilmasto- ja energiapolitiikan puitteet vuosille 2020-2030*. [Viitattu 2.10.2016]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0015&from=FI>

- Fowler HJ, Kilsby CG & Stunell J. 2007. Modelling the impacts of projected future climate change on water resources in north-west England. *Hydrological Earth System Sciences* 11(3):1115–1126
- Frei, C., Schöll, R., Fukutome, S., Schmidli, J. & Vidale, P. L. 2006. *Future Change of precipitation extremes in Europe: an intercomparison of scenarios from regional climate models*. *Journal of Geophysical Research* 111, 1–22. D06105
- Hamududu, B. & Killingtveit, A. 2012. *Assessing climate change impacts on global hydropower*. *Energies* 5, 305–322.
- Haylock M.R. – Goodess C.M. 2004. *Interannual variability of European extreme winter rainfall and links with large-scale circulation*, *International Journal of Climatology*, Vol. 24, pp. 759–776.
- Hellsten, S., Marttunen, M., Visuri, M., Keto, A., Partanen, S. & E. A. Järvinen, 2002. *Indicators of sustainable water level regulation in northern river basins: a case study from the River Paatsjoki water system in northern Lapland*. *Large Rivers* 13(3–4); *Archiv Hydrobiologie Supplement* 141(3–4): 353–370.
- Hill Clarvis M., Fatichi S., Allan A., Fuhrer J., Stoffel M., Romerio F., Gaudard L., Burlando P., Beniston M., Xoplaki E. & Toreti A. 2014. *Governing and managing water resources under changing hydro-climatic contexts: The case of the Upper-Rhone basin*. *Environ Sci Policy* 43:56–67. doi:10.1016/j.envsci.2013.11.005
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2008. *Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press. 213 s.
- Hisdal, H., Barthelmie, R., Lindström, G., Lkocova, T., Kriauciunienė, J. & Reihan, A. 2007. Statistical analysis. In: Fenger, J. (ed.) 2007. *Impacts of climate change on renewable energy resources: Their role in the Nordic energy system*. Norden 2007:003. Nordic council of Ministers, Copenhagen. pp. 58–73.
- Holgate, S.J. & Woodworth, P.L. 2004. *Evidence for enhanced coastal sea level rise during the 1990's*. *Geophysical Research Letters* 31, L07305, doi:10.1029/2004GL019626.
- Huntington, T. 2006. *Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis*. *Journal of Hydrology* 310, 83–95.
- Hyvärinen, V. & Vehviläinen, B. 1981. *The effects of climatic fluctuations and man on discharge in Finnish river basins*. Publications of the Water Research Institute 43. National board of waters, Finland, Helsinki. pp. 15–23.
- Hänggi, P. & Weingartner, R., 2012. *Variations in discharge volumes for hydropower generation in Switzerland*. *Water resources management*, 26(5), pp.1231-1252.
- Ilmatieteenlaitos. 2009. *Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten*. ACCLIM-hankkeen raportti 2009. Ilmatieteen laitoksen raportti 2009:4.

Ilmatieteenlaitos. 2011a. *Suomen ilmaston tulevat muutokset mallitulosten perusteella*. [http://www.ladec.fi/filebank/2021-rakentaminen\\_ja\\_ilmasto\\_kr\\_ad.pdf](http://www.ladec.fi/filebank/2021-rakentaminen_ja_ilmasto_kr_ad.pdf). [viitattu 16.8.2016].

Ilmatieteenlaitos. 2011b. *ACCLIM II – Ilmastomuutosarviot ja asiantuntijapalvelu sopeutumistutkimuksia varten*. Lyhyt loppuraportti. Saatavilla: [http://www.vatt.fi/file/vatt\\_publication\\_pdf/t158.pdf](http://www.vatt.fi/file/vatt_publication_pdf/t158.pdf). [viitattu 16.8.2016]

IPCC. 2000. *IPCC Special Report, Emission Scenarios*. [Nakicenovic, N., Swart R. (eds.)]. Cambridge University Press, UK. 570 pp.

IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Jakkila, J., Dubrovin, T., Miettinen, T., Marttunen, M. & Vehviläinen, B. 2014. *Ilmastomuutoksen vaikutus Nilsin reitin säännöstelyjen järvien vedenkorkeuksiin ja virtaamiin sekä säännöstelyjen kehittämistarpeeseen*. Pohjois- Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 89 s. Raportteja; 2014, 119. <http://www.doria.fi/handle/10024/103585>.

Järvenpää, E. & Kosonen, K. 2000. *Johdatus tutkimusmenetelmiin ja tutkimuksen tekemiseen*. Teknillinen korkeakoulu, Espoo. HUT Industrial Management and Work an Organizational Psychology Teaching Material No 1. 101 s. ISBN 951-22-3321-5.

Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Venäläinen, A., Tuomenvirta, H., Ruokolainen, L., Saku, S. & Seitola, T. 2009. *Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten*. ACCLIM- hankkeen raportti 2009. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Raportti 2009:4.

Kalela, J. 1976. *Historian tutkimusprosessi - metodinen opas oman ajan historiaa tutkiville*. Gaudeamus.

Kananen, J. 2014. *Laadullinen tutkimus opinnäytetyönä – Miten kirjoitan kvalitatiivisen opinnäytetyön vaihe vaiheelta*. Suomen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print. ISBN 978-951-830-328-5.

Keto, A., Lähteenmäki, H., Taimisto, P., Hammar, T., Tarvainen & Miettinen, T. 2008. *Selvitys Pohjois-Savon säännöstelyistä järvistä*. Pohjois-Savon ympäristökeskuksen raportteja 2/2008, 135 s.

Keto, A., Tarvainen, A., Marttunen, M. & Hellsten, S. 2008. *Use of the water-level fluctuation analysis tool (Regcel) in hydrological status assessment of Finnish lakes*. Hydrobiologia 613: 133 – 142. Doi: 10.1007/s10750-008-9478-x.

Kilpeläinen T. , Tuomenvirta H. & Jylhä K. 2008. *Climatological characteristics of summer precipitation in Helsinki during the period 1951–2000*, Boreal Environment Research, Vol. 13, pp. 67–80.

Korhonen, J. & Kuusisto, E. 2010. *Long term changes in the discharge regime in Finland*. Hydrology Research 41(3–4), 253–268.

Korhonen, J. 2007. *Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut*. Suomen ympäristö 45/2007. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 120 pp.

Kotanen, J., Manninen, P., Huttunen, M., Petäjä-Ronkainen, A., Haapala, A. & Sojakka, A. 2016. *Vesien tila hyväksi yhdessä – Etelä-Savon vesienhoidon toimenpideohjelma vuosiksi 2016 – 2021*.

Kundzewicz, Z.W., Schellnhuber, H. 2004. *Floods in the IPCC TAR perspective*. Natural Hazards 31, 111–128.

Lönqvist, J. 2016. *Ilmastonmuutoksen vaikutukset vesivoiman tuotantomahdollisuuksiin muuttuvilla sähkömarkkinoilla*. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, sähkötekniikan laitos. Helsinki.

Marttunen, M., Hellsten, S. & Keto, A. 2001. Sustainable development of lake regulation in Finnish lakes. *Vatten* 57: 29–37.

Marttunen, M., Saarinen, J., Keto, A. & Verta, O-V. 2005. *Vesistösäännöstelyjen kehittämisen nykyvaihe ja kokemukset kehittämishankkeista – yhteenveto kyselytutkimuksen tuloksista*. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.

Middelkoop, H., Daamen, K., Gellens, D., Grabs, W., Kwadijk, J.C.J., Lang, H., Parmet, B.W.A., Schädler, B., Schulla, J. & Wilke, K. 2001. *Impact of climate change on hydrological regimes and water resources management in the Rhine basin*. Climatic Change 49, 105–128.

Mikkonen, S., Laine, M., Mäkelä, H., Gregow, H., Tuomenvirta, H., Lahtinen, M. & Laaksonen, A. 2014. *Trends in the average temperature in Finland, 1847–2013* Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, Online First, 17 Dec 2014 doi: 10.1007/s00477-014-0992-2

Moberg A., Jones P., Lister D., Walther A., Brunet M., Jacobeit J., Alexander L., Della-Marta P., Luterbacher J., Yiou P., Chen D., Klein Tank A., Saladié O., Sigró J., Aguilar E., Alexandersson H., Almarza C., Auer I., Barriendos M., Begert M., Bergström H., Böhm R., Butler C., Caesar J., Drebs A., Founda D., Gerstengarbe F-W., Micela G., Maugeri M., Österle H., Pandzic K., Petrakis M., Srncic L., Tolasz R., Tuomenvirta H. – Werner P., Linderholm H., Philipp A., Wanner H. & Xoplaki E. 2006. *Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analysed for the period 1901–2000*, Journal of Geophysical Research Vol. 111, D22106, doi:10.1029.2006JD007103

Mustonen, S., (Ed.) 1986. *Sovellettu Hydrologia*. (Applied Hydrology) Vesiyhdistys ry., Mänttä. 503 pp.

NOAA. 2011. *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide*. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>. Accessed 1st August 2011.

Perrels, A., Tuovinen, T., Veijalainen, N., Jylhä, K., Aaltonen, J. Molarius, R., Porthin, M., Silander, J. & Rosqvist, T., 2010. *The implications of climate change for extreme*



*weather events and their socioeconomic consequences in Finland*. VATT Tutkimusraportit 158/2010, 133 p

Pöyry Management Consulting. 2015. *Mallinnus EU:n ilmasto- ja energiapolitiikan linjausvaihtoehtojen vaikutuksista*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 28/2016, 97 p.

Ruosteenoja, K. & Jylhä, K. 2007. *Temperature and precipitation projections for Finland based on climate models employed in the IPCC 4th Assessment Report*. In: Third International Conference on Climate and Water, Helsinki, Finland, 3–6 September 2007. Proceedings, pp. 404–406

Räisänen, J. & Eklund, J. 2011. *21st century changes in snow climate in Northern Europe as simulated by regional climate models in the ENSEMBLES project: a high-resolution view from ENSEMBLES regional climate models*. *Climate Dynamics*, DOI: 10.1007/s00382-011-1076-3.

Sælthun, N.R., Aittoniemi, P., Bergström, S., Einarsson, K., Jóhannesson T., Ohlsson, P.-E., Thomsen, T., Vehviläinen, B. & Aamond K.O. 1998. *Climate change impacts on runoff and hydropower in the Nordic countries*. Final report from the project "Climate change and Energy Production". TemaNord 1998:552, Nordic council of ministers. Copenhagen. 170 pp.

Silander, J., Vehviläinen, B., Niemi, J., Arosilta, A., Dubrovin, T., Jormola, J., Keskisarja, V., Keto, A., Lepistö, A., Mäkinen, R., Ollila, M., Pajula, H., Pitkänen, H., Sammalkorpi, I., Suomalainen, M. & Veijalainen, N. 2006. *Climate change adaptation for hydrology and water resources*. FINADAPT Working Paper 6, Finnish Environment Institute Mimeographs 335, Helsinki.

Suomen virallinen tilasto (SVT): *Sähkön ja lämmön tuotanto* [verkojulkaisu]. ISSN=1798-5072. 2014. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 4.7.2016].  
Saantitapa: [http://www.stat.fi/til/salatuo/2014/salatuo\\_2014\\_2015-10-29\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/salatuo/2014/salatuo_2014_2015-10-29_tie_001_fi.html)

Tietäväinen, H, Tuomenvirta, H & Venäläinen, A. 2010. *Annual and seasonal mean temperatures in Finland during the last 160 years based on gridded temperature data*. *Int. J. Climatol.* 30: 15, 2247-2256.

Tuomenvirta, H. 2004. *Reliable estimation of climatic variations in Finland*. Academic Dissertation, University of Helsinki, Faculty of Science, Department of Physical Sciences, Division of Atmospheric Sciences, and Finnish Meteorological Institute, Meteorological Research, Helsinki. Finnish Meteorological Institute Contributions, No. 43.80+78 pp.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2009. *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

TEM. 2016. *Uuden energia- ja ilmastostrategian valmistelu on aloitettu*. Työ- ja elinkeinoministeriö [Viitattu 15.8.2016]. Saatavissa: [https://www.tem.fi/ajankohtaista/vireilla/karkihankkeet\\_ja\\_ohjelmat/energia-\\_ja\\_ilmastostrategia\\_2016](https://www.tem.fi/ajankohtaista/vireilla/karkihankkeet_ja_ohjelmat/energia-_ja_ilmastostrategia_2016)

Vallinkoski, V., Miettinen, T. & Aalto, J. 2012. *Vesien tila hyväksi yhdessä – Pohjois-Savon vesienhoidon toimenpideohjelma Vuoksen ja Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueille vuosiksi 2016 – 2021*.

Varis, O., Kajander, T. & Lemmelä, R. 2004. *Climate and water: from climate models to water resources management and vice versa*. Climatic Change 66, 321–344.

Veijalainen, N., Lotsari, E., Alho, P., Vehviläinen, B. & Käyhkö, J. 2010a. *National scale assessment of climate change impacts on flooding in Finland*. Journal of Hydrology 391, 333–350.

Veijalainen, N., Dubrovin, T., Marttunen, M. & Vehviläinen, B. 2010b. *Climate change impacts on water resources and lake regulation in the Vuoksi watershed in Finland*. Water Resources Management 24(13), 3437–3459. IV.

Veijalainen, N., 2012a. *Estimation of climate change impacts on hydrology and floods in Finland*. Doctoral dissertation. Department of Civil and Environmental Engineering. Aalto university, Espoo. 211 p.

Veijalainen, N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M. & Aaltonen, J. 2012b. *Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos – vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen. WaterAdapt-projektin loppuraportti*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 16/2012. Helsinki.

Vehviläinen, B. & Lohvansuu, J. 1991. *The effects of climate on discharges and snow cover in Finland*. Hydrological Sciences Journal 36(2), 109– 121.

Vehviläinen, B. & Huttunen, M. 1997. *Climate change and Water Resources in Finland*, Boreal Environment Research, 2, 3–18.

Wilson, D., Hisdal, H. & Lawrence, D. 2010. *Has streamflow changed in the Nordic countries? – Recent trends and comparisons to hydrological projections*. Journal of Hydrology 394, 334–346.

Yanity, B. 2007. *Cold climate problems of a micro-hydroelectric development on Crow Creek, Alaska*. University of Alaska Anchorage, Anchorage, AK

Ylhäisi, J.S., Tietäväinen, H., Peltonen-Sainio, P., Venäläinen, A., Eklund, J., Räisänen, J. & Jylhä, K. 2010. *Growing season precipitation in Finland under recent and projected climate*. Nat. Hazards Earth System Sciences, doi:10.5194/nhess-10-1563-2010.

## **Liite 1. Haastattelukysymykset**

### **Teema 1 - Nykysäännöstely**

1. Miten nykyiset järvien säännöstelyt toimivat mielestäsi?
2. Onko säännöstelyissä ilmennyt selkeitä ristiriitoja? Millaisia?
3. Minkälaisia vaikutuksia nykyisestä säännöstelystä aiheutuu teidän toimintanne kannalta?
4. Tulisiko säännöstelyä mielestäsi muuttaa?
5. Onko teille tullut yhteydenottoja säännöstelyjä koskien?

### **Teema 2 - Ilmastonmuutoksen vaikutus vesiluontoon ja haastateltavan toimialaan**

1. Minkälaisia kokemuksia teillä on muutamasta menneestä leudommasta ja märemmästä talvesta (näiden olosuhteiden ennustetaan lisääntyvän ilmastonmuutoksen myötä)?
2. Miten ajattelet ilmastonmuutoksen vaikuttavan vesistöjen säännöstelyyn ja vesivoiman tuotantoon?
3. Miten ilmastonmuutos voitaisiin huomioida paremmin säännöstelyssä?
4. Ovatko säännöstelyn lupamääräysten muuttamisedellytykset mielestäsi selkeät?

### **Teema 3 - Yhteistyö ja tiedottaminen**

1. Miten toimivaa tiedottaminen ja yhteistyö eri tahojen välillä on ollut?
2. Miten sitä voisi kehittää?
3. Miten yhteistyö tulisi mielestäsi toteuttaa, jos säännöstelyn lupaehtoja muutetaan?